



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2004

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 12

Desenvolvimento de Somaclones de Cultivares de Arroz Resistentes à Brusone

Leila Garcês de Araújo
Anne Sitarama Prabhu
Marta Cristina Filippi

Santo Antônio de Goiás, GO
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia Goiânia a Nova Veneza Km 12 Zona Rural

Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 533 2123

Fax: (62) 533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Carlos Agustin Rava*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Membros: *Murilo Lôbo Junior*

Aloisio Sartorato

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Capa: *Diego Mendonça Camargo*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2004): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Arroz e Feijão

Araújo, Leila Garcês de.

Desenvolvimento de somaclones de cultivares de arroz resistentes à brusone / Leila Garcês de Araújo, Anne Sitarama Prabhu, Marta Cristina Filippi. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2004.

48 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 12)

1. Arroz - Brusone. 2. Arroz - Cultura de Tecido. I. Prabhu, Anne Sitarama. II. Filippi, Marta Cristina. III. Título. IV. Embrapa Arroz e Feijão. V. Série.

CDD 633.1894 (21. ed.)

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	13
Indução de calos e regeneração de plantas	13
Avaliação da brusone em condições de casa de vegetação	14
Avaliação da brusone no campo	14
Avaliação da brusone no viveiro	15
Resultados e Discussão	16
Somaclones da Araguaia	16
Somaclones da IAC-47	19
Somaclones da Basmati-370	26
Somaclones da Bluebelle	31
Somaclones da Metica-1	34
Somaclones da Cica-8	38
Referências Bibliográficas	42

Desenvolvimento de Somaclones de Cultivares de Arroz Resistentes à Brusone

Leila Garcês de Araújo¹

Anne Sitarama Prabhu²

Marta Cristina Filippi³

Resumo

A indução de variabilidade para resistência à brusone (*Pyricularia grisea*) em cultivares suscetíveis, bem adaptadas para condições brasileiras é importante para obtenção de novas fontes de resistência à doença em arroz. A cultura de tecidos é uma das ferramentas para indução de variabilidade genética e seleção de mutantes resistentes. Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de somaclones resistentes à brusone das cultivares Araguaia, IAC-47, Basmati-370, Blubelle, Metica-1 e CICA-8. O método em geral consistiu na indução de calos e regeneração de plantas a partir de panículas imaturas, seleção das plantas resistentes à brusone através de inoculações em casa de vegetação e testes sob condições de alta pressão de inóculo em viveiros de brusone nas gerações iniciais de R₂ a R₄; reavaliação da resistência à brusone e outras características agrônomicas nas gerações avançadas em experimentos de campo. Somaclones derivados de cultivares suscetíveis à brusone mostraram resistência vertical e parcial. Foram desenvolvidos somaclones da cultivar de arroz Araguaia com resistência vertical à brusone e com tipo de planta leque. Os somaclones desenvolvidos da cultivar IAC 47 apresentaram diferentes graus de resistência parcial à

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, Professora da Universidade Estadual de Goiás - UEG, BR 153, km 98, caixa postal 459 75110-390 Anápolis - GO

² Biólogo, Ph.D. em Fitopatologia, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. Goiânia a Nova Veneza, Km 12 75375-000 Santo Antônio de Goiás - GO. prabhu@cnpaf.embrapa.br

³ Engenheira Agrônoma, Ph. D. em Genética e Melhoramento, Embrapa Arroz e Feijão cristina@cnpaf.embrapa.br

brusone, ciclo precoce, característica aromática de grãos e dois tipos de plantas bem distintas. Dois somaclones de IAC 47 (SCIA02 e SCIA 06) mostraram progresso lento de brusone nas condições de campo, precocidade e alta produtividade. Os somaclones, CNAI10373 e CNAI10379, derivados de Basmati-370 exibiram característica aromática e alto grau de resistência parcial à brusone e foram superiores ao Basmati-370. Dos 47 somaclones de Bluebelle, 22 apresentaram resistência vertical nos testes realizados em viveiros de brusone em quatro locais e podem servir como novas fontes de resistência à brusone. Além da resistência destacou-se ainda a variação na cor e tipo de grão. Os estudos ainda mostraram que o incremento do grau de resistência à brusone pode ser obtido a partir de plantas R_2 que não apresentaram grau de resistência adequado, mostrando a importância do segundo ciclo de seleção. Entre 280 somaclones de Metica-1 desenvolvidos, dois (CNAI10390 e CNAI10393), apresentaram resistência vertical. Os somaclones de CICA-8 apresentaram resistência específica a quatro patótipos de *P. grisea*. Três somaclones apresentaram maior grau de resistência parcial à brusone do que CICA-8.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, *Magnaporthe grisea*, *Pyricularia grisea*, cultura de tecido, fontes de resistência.

Development of Somaclones of Rice Cultivars Resistant to Blast

Abstract

*The induction of variability for resistance to rice blast (*Pyricularia grisea*) in susceptible rice cultivars, well adapted to Brazilian conditions is important for obtaining new sources of disease resistance in rice. Tissue culture is one of the tools for inducing genetic variability and selection of genetic mutants. The objective of this investigation includes development of resistant somaclones of rice cultivars Araguaia, IAC-47, Basmati-370, Bluebelle, Metica-1 e CICA-8. In general the method consisted of induction of callus, regeneration of plants utilizing immature panicles as explants, selection of resistant plants to blast by inoculations in greenhouse and tests in rice blast nursery under heavy inoculum pressure in initial generations from R2 to R4; reevaluation of resistance and other agronomic traits in the advanced generations in field trials. Somaclones derived from susceptible cultivars showed vertical as well as partial resistance to rice blast. Somaclones of rice cultivar Araguaia exhibiting vertical resistance to blast and fan-shaped plant type were developed. The somaclones of cultivar IAC 47 showed different degrees of partial resistance, short duration, aromatic grain characteristic and two different plant types. Two short duration somaclones of IAC 47 (SCIA02 e SCIA 06) showed slow disease progress under field conditions and high yield. The somaclones CNA110390 and CNA110393, derived from callus culture of Basmati-370 were superior to the parent cultivar in aromatic grain characteristic, besides a high degree of partial resistance to blast. Of 47 somaclones of Bluebelle, 22 showed vertical resistance in the blast nursery in four test sites and may serve as new sources of resistance. Also,*

these showed distinct variation in grain type and color. These studies further showed that blast resistance can be increased in R2 plants which did not show adequate degree of resistance in second cycle of selection. Among 28 somaclones of Metica-1 developed, two CNAI10390 e CNAI10393, exhibited vertical resistance. The somaclones of CICA-8 showed specific resistance to four pathotypes of P. grisea. Three somaclones showed greater partial resistance to blast than CICA-8.

Key words: Oryza sativa, Magnaporthe grisea, Pyricularia grisea, tissue culture, sources of resistance.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa*) é considerado a fonte de 20% das calorias e 13% das proteínas consumidas no mundo. Mais de 80% do arroz mundial é produzido e consumido por produtores de baixa renda que se encaixam em um perfil de agricultura familiar. A quantidade média de arroz consumida em países da América do Sul, Ásia e África varia de 100 a 240 kg por ano por habitante. Em 2030, a expectativa para a população mundial será de 8,2 bilhões de habitantes e a demanda mundial de arroz será aproximadamente 533 milhões de toneladas de arroz (FAO, 2004).

Dentre os fatores limitantes da produtividade, a incidência de brusone causada por *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (*Magnaphorte grisea* (T.T. Herbert) Yaegashi & Udagawa) ocupa o primeiro lugar, em arroz de terras altas. A brusone nas folhas durante a fase vegetativa causa redução na altura da planta, no número de perfilhos, no número de grãos por panícula e no peso de grãos (Prabhu et al., 1986) além dos efeitos indiretos na produtividade causada pela redução na taxa de fotossíntese e respiração (Sun et al., 1986; Bastiaans et al., 1994). Os efeitos diretos na redução da produtividade de grãos incluem a redução de peso de grãos, porcentagem de grãos formados, número de grãos por panícula e índice de colheita (Prabhu et al., 1986; Pinnschmidt et al., 1994; Araújo et al., 2004). A perda média em produtividade devido à brusone estimada em quatro cultivares de arroz de terras altas foi de 59,6%, sob condições experimentais de campo (Prabhu et al., 2003). A doença pode ser controlada através do uso de cultivares resistentes. Grande número de cultivares com diferentes graus de resistência foram lançadas no Brasil para cultivo, mas a durabilidade da resistência foi limitada devido à grande variabilidade patogênica de *P. grisea* (Ou, 1985; Bonman et al., 1987; Correa-Victoria & Zeigler, 1993). A base genética das cultivares lançadas é estreita (Cuevas-Pérez et al., 1992), sendo as fontes de resistência envolvidas limitadas a poucos genótipos. O grau de resistência dessas cultivares vem decrescendo ao longo dos anos, com o aumento da área plantada, sendo necessária a busca contínua de novos genes de resistência.

A cultura de tecidos é uma das alternativas para indução de resistência a doenças em cultivares suscetíveis que são bem adaptadas às condições de solo e de clima locais. O meio de cultura artificial gera alta frequência de variantes para diferentes características, incluindo resistência a doenças, que podem ser

utilizados no melhoramento de plantas (Larkin & Scowcroft, 1981; Daub, 1986; Illg, 1990; Mandal et al., 1995).

Plantas regeneradas a partir de calos mostraram variação em diferentes características morfológicas como ciclo, tipo de grão, produtividade e resistência às doenças, em arroz (Zong-Xiu et al., 1983; Rueb et al., 1994). As variações genéticas são herdáveis e as alterações ocorrem em características monogênicas e poligênicas (Fukui, 1983; Mandal & Bandyopadhyay, 1996; Mandal et al. 1999, 2000).

A resistência às doenças é uma das características mais importantes encontrada na variação somaclonal em diversas culturas, a partir de cultivares suscetíveis (Cheng-Zhang et al., 1988; Pachón G., 1989; Xie et al., 1990; Bouharmont et al., 1991; Rush et al., 1992; Mandal et al., 1995; Chauhan et al., 1996). Um grande número de plantas de diversas culturas, resistentes à diferentes patógenos têm sido obtidas a partir de cultivares suscetíveis (Fukui, 1983; Daub, 1986; Cheng-Zhang et al., 1988; Pachón G., 1989; Xie et al., 1990; Bouharmont et al., 1991). Somaclones resistentes ao vírus Fiji, *Helminthosporium sacchari* em cana-de-açúcar, *Helminthosporium maydis* em milho, *Phytophthora infestans* em batata, *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* em tomate e *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis* em alfalfa têm sido reportados (Daub, 1986). Na maioria dos casos a resistência desses somaclones foi expressada em condições de campo e utilizada para o melhoramento de plantas. Estudos em variação somaclonal para resistência à queima-da-bainha (*Thanatephorus cucumeris*) têm mostrado que a variação *in vitro* constitui um método alternativo de gerar novas fontes de resistência a doenças (Xie et al., 1990). Dois somaclones resistentes à queima-da-bainha LSBR-33 e LSBR-5 foram selecionados a partir da cultivar de arroz suscetível Labelle (Xie et al., 1990).

Bouharmont et al. (1991) obtiveram linhas R_2 resistentes à brusone a partir de calos derivados de embriões maduros. O incremento de variabilidade genética para características desejáveis pode ser obtido a partir de plantas R_2 que não apresentaram grau de resistência adequado (Evans et al., 1984).

A vantagem da indução de variabilidade através desta técnica é sua capacidade de produzir, em um curto espaço de tempo um grande número de plantas que diferem somente em uma determinada característica (Evans et al., 1984;

Chauhan et al., 1996), ciclo, tipo de grão e produtividade (Rueb et al., 1994). Estas alterações não são drásticas em relação à arquitetura da planta como no caso da mutagênese convencional (Chopra et al., 1989). No Brasil, não existem trabalhos quanto a indução de resistência à brusone nas cultivares suscetíveis tanto de terras altas como de arroz irrigado.

A cultivar Araguaia foi umas das primeiras recomendadas para cultivo de arroz em terras altas no Brasil central desenvolvidas para resistência à brusone. Ela foi originada do cruzamento entre a cultivar suscetível IAC 47 e uma linha resistente TOS 2578/7-4-2-3-B2, introduzida da Nigéria. Esta cultivar apresentava uma resistência moderada à brusone nas folhas e um alto grau de resistência à brusone nas panículas, no campo, quando foi lançada em 1986. Contudo, a suscetibilidade à brusone da cultivar Araguaia aumentou ao longo dos anos, devido ao incremento da frequência de patótipos combinados com esta cultivar resultando em perdas significativas de produtividade, em um período de dois anos.

A cultivar IAC 47 foi a mais plantada no Brasil desde seu lançamento em 1973, devido a sua tolerância à deficiência hídrica e adaptação às condições de solo de cerrado. Um dos fatores limitantes à sua produtividade foi a alta suscetibilidade à brusone, necessitando melhoramento para incorporação da resistência à doença. Os métodos convencionais através de cruzamentos desta cultivar com doadores de resistência à *P. grisea*, normalmente de arroz irrigado resultam, na maioria dos casos, em características não desejáveis como suscetibilidade à mancha-dos-grãos (Prabhu & Ferreira, 1991).

O arroz mais procurado no mercado mundial, devido à sua qualidade de grão e aroma distintos, é genericamente conhecido como Basmati (Sakila et al., 1999), que possui um aroma agradável, paladar doce, textura macia, curvatura suave e alongamento com pequeno aumento na espessura após cozimento. Basmati-370 é uma linha pura obtida em 1930, através da seleção de uma cultivar nativa de arroz Basmati plantada tradicionalmente em Punjab e Kashmir, na Índia. Muitos tipos de arroz aromáticos são plantados e consumidos como arroz Basmati, em diferentes países. Entretanto, poucos satisfazem as normas de qualidade necessárias para exportação como Basmati-370. Não houve sucesso para se aumentar a produtividade de 1,8 t/ha do Basmati no Paquistão, sem diminuir a qualidade do aroma, através do método convencional de melhoramento (Mubarik & Flinn, 1989). A cultivar Basmati-370 de arroz irrigado apresenta grão extra-longo-fino, característica desejável para a exportação; entretanto, mostra-se suscetível a

alguns patótipos de *P. grisea* que ocorrem no Brasil (Prabhu et al., 1982). A resistência genética à brusone na cultivar Basmati-370 é importante para viabilizar o seu cultivo visando o mercado consumidor interno e, no futuro, sua exportação para outros países.

A Bluebelle é uma cultivar de arroz irrigado, introduzida dos Estados Unidos, que ocupou 50% da área plantada no Rio Grande do Sul na década de 70, devido a qualidade superior de seus grãos e a precocidade (Silveira, 1985). Posteriormente, esta cultivar foi substituída por outras devido a sua alta suscetibilidade à brusone e baixa produtividade.

A cultivar Metica-1 foi desenvolvida pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e pelo Instituto Colombiano do Arroz (ICA), através de cruzamentos múltiplos envolvendo as cultivares/linhagens IR 930-53, IR 579-160, IR 22, IR 930-147-8, IR 930-31-10, IR 662 e Colômbia-1, sendo introduzida no Brasil em 1981, pela Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Esta cultivar mostrou moderada suscetibilidade à brusone nas folhas e panículas quando foi lançada, em 1986, para cultivo em condições irrigadas no Brasil (Prabhu & Ferreira, 1991). Mas, por causa do seu potencial produtivo, permanece como uma das cultivares preferidas pelos produtores, embora suscetível à brusone.

A cultivar CICA-8 foi introduzida do CIAT, tendo sido a mais plantada em vários estados do Brasil, na década de 80. A resistência desta cultivar à brusone foi "quebrada" nos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Tocantins sendo, a seguir, substituída por outras cultivares.

O objetivo geral do presente estudo foi induzir resistência nas cultivares suscetíveis à brusone bem adaptadas às condições brasileiras utilizando a cultura de tecido como ferramenta.

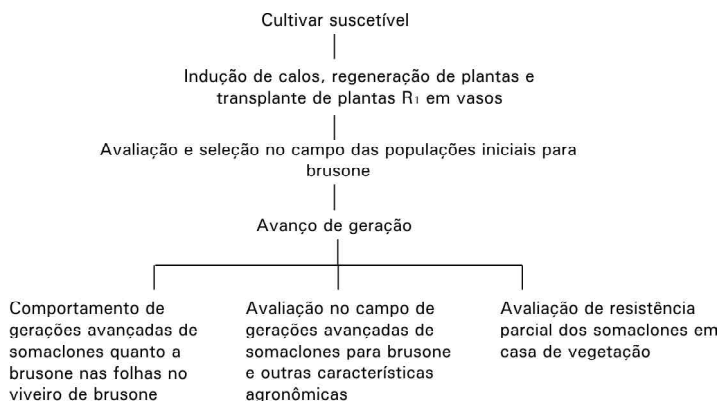
Outros objetivos consistiram no desenvolvimento de somaclones resistentes à brusone das cultivares Araguaia, IAC 47, Basmati 370, Bluebelle, Metica-1 e CICA-8; na avaliação do grau de resistência à brusone e algumas características agrônomicas nas gerações avançadas dos somaclones; no incremento do grau de resistência à doença no segundo ciclo de avaliação e seleção, a partir de plantas R₂ do primeiro ciclo da cultivar Bluebelle e na avaliação do grau de resistência parcial nos somaclones das cultivares IAC-47, Basmati-370 e CICA-8.

Material e Métodos

Indução de calos e regeneração de plantas

Os calos das cultivares suscetíveis à brusone foram iniciados utilizando-se como explantes panículas imaturas de 1 a 4 cm de comprimento com espiguetas de coloração branca ou levemente amarela. As bainhas, contendo panículas imaturas, foram coletadas de plantas cultivadas em vasos com 6 kg de solo, em casa de vegetação. Foram desinfestadas com 30% de uma solução, contendo 1% de hipoclorito de sódio (NaOCl) durante 40 a 60 minutos. As panículas imaturas foram colocadas em placas contendo o meio MS com macro, micronutrientes e vitaminas (Murashige & Skoog, 1962) suplementado com 30 g/l de sacarose, 50 mg/l de caseína hidrolisada e 4.0 mg/l de 2,4-D (Xie et al., 1990) e incubado no escuro, por um período de 25 a 30 dias. A regeneração de plantas foi feita no meio MS suplementado com 0,5 mg/l de ANA e 3.0 mg/l de cinetina. As culturas foram mantidas em sala de crescimento a uma temperatura de 26°C com fotoperíodo de 16 horas e uma intensidade luminosa de 75 μ E.m².s⁻¹. A cada 30 dias fez-se a repicagem para meios com a mesma composição anterior, até obtenção de plântulas verdes.

Utilizou-se a nomenclatura, onde as plantas regeneradas foram referidas como geração R₁ e as gerações subsequentes como R₂ a R_n. O transplante das plântulas R₁ do meio de cultura para vasos se fez, quando estas apresentavam tamanho entre 10 a 15 cm de comprimento e com uma a duas folhas abertas. O solo (6 kg), em vasos foi adubado com 2,5 g de NPK (4-30-16) e 0,25g de FTE-BR12 por vaso. As plantas foram mantidas em casa de vegetação até a maturidade. Os procedimentos para o desenvolvimento dos somaclones estão descritos no esquema a seguir.



Avaliação da brusone em condições de casa de vegetação

Os experimentos foram conduzidos em bandejas plásticas medindo 30x10x15 cm contendo 3 kg de solo adubado com 5 g de NPK (4-30-16), 1 g de sulfato de zinco e 2 g de sulfato de amônio por ocasião do plantio. Foi feita uma adubação de cobertura, 20 dias após a semeadura com 2 g de sulfato de amônio.

As plantas foram inoculadas 22 dias após o plantio com uma suspensão de esporos em água numa concentração de 3×10^5 esporos/ml, utilizando-se um pulverizador Devibiss Nº 15 ligado a um compressor com pressão padronizada a 0.001 kg/cm². Após a inoculação, as plantas foram incubadas em câmara úmida por 24 horas, sendo posteriormente transferidas para casa de vegetação com temperatura variando entre 25 e 29° C. As avaliações de brusone nas folhas foram feitas aos sete a nove dias após a inoculação, utilizando a escala visual de notas de 0 a 9, de Leung et al. (1988), onde graus variando de 0, 1 e 3 indicam reação resistente e 4, 5, 7 e 9, reação suscetível. Os patótipos foram identificados com base nas reações das oito diferenciadoras internacionais, de acordo com Atkins et al. (1967).

Avaliação da brusone no campo

Brusone nas folhas

A brusone nas folhas foi avaliada utilizando escala visual de notas variando de 0 a 9, onde 0 e 1 representam resistência completa ou vertical, e 4, 5, 7 e 9 reação suscetível (International Rice Research Institute, 1988). Avaliou-se também o número de lesões esporulativas por folha e severidade. Para a determinação do número de lesões esporulativas foram utilizados os perfilhos principais de dez plantas tomados ao acaso em três linhas centrais, 40 dias após o plantio. A severidade, expressa em porcentagem de área foliar afetada, foi determinada em três folhas superiores completamente abertas, dos perfilhos principais de dez plantas, em três linhas centrais da parcela, 49 dias após o plantio. Utilizou-se uma escala de dez graus (0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0; 64,0; 82,0% de área foliar afetada) de acordo com Notteghem (1981). Foram adotadas as práticas culturais como espaçamento, densidade de plantas e adubação recomendadas para a região, nos experimentos de campo nas gerações avançadas.

Brusone nas panículas

A brusone nas panículas foi avaliada dez dias antes da colheita nas plantas individuais de acordo com uma escala baseada na incidência de brusone no pescoço (0 = nenhuma incidência, 1 = 1-5%, 3 = 6-12%, 5 = 13-25%, 7 = 26-50% e 9 = 50% de panículas infectadas).

A severidade da brusone nas panículas foi avaliada dez dias antes da colheita utilizando uma escala de cinco graus (0, 5, 25, 50, 75 e 100% de espiguetas infetadas por panícula), em 100 panículas.

Avaliação da brusone no viveiro

Os plantios foram feitos em canteiros (viveiro de brusone) medindo 2,0 m de largura, 20,0 m de comprimento e 0,5 m de altura, nas fazendas palmital e capivara. Utilizou-se um espaçamento de 0,10 m entre linhas e densidade de semeadura de 200 sementes/m para obtenção de alta pressão de doença. Foi utilizada uma adubação de plantio de 250 kg/ha da fórmula 4-30-16 e 125 kg/ha de N, (sulfato de amônio).

As avaliações da doença foram realizadas aos 34 e 45 dias após o plantio, respectivamente baseando-se em uma escala de 0-9 (International Rice Research Institute, 1988), onde 0, 1, 2 e 3 indicam reação resistente e 4, 5, 6, 7, 8 e 9, reação suscetível.

Os somaclones de Araguaia, IAC47, Basmati-370, Bluebelle, Metica-1 e Cica-8 foram avaliados para resistência à brusone em condições de casa de vegetação e campo, e também para algumas características agrônômicas seguindo procedimentos descritos em trabalhos publicados anteriormente (Araújo et al., 1997, 2000, 2001; Araújo & Prabhu, 2001, 2002a, 2002b, 2004).

O espectro de resistência do gene *Pi-ar* designado anteriormente (Araújo et al., 1999) e presente no somaclone SC09 da 'Araguaia' foi estudado, em condições de inoculações artificiais, em casa de vegetação, utilizando-se a mesma metodologia de plantio, inoculação e avaliação de brusone citada no item 2. Foram utilizados 309 isolados monospóricos de *P. grisea* provenientes de lesões esporulativas de folhas de oito lavouras comerciais das cultivares Primavera e Bonança, durante dois anos 2001-2003 e 182 isolados, obtidos de lesões

esporulativas de folhas de 14 cultivares (Primavera, Maravilha, Canastra, Caiapó, Carajás, Progresso, Guarani, Rio Paranaíba, Araguaia, IAC-201, IAC 47, Confiança, Carisma e Veneza) e seis linhagens de arroz de terras altas (CNAS8540, CNAS8711, CNAS8713, CNAS8812, CNAS8983 e CNAS8934), e uma cultivar de arroz irrigado, (*Oryza lhanos* 5). As coletas dos 182 isolados foram realizadas em campos experimentais da Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia, durante cinco anos consecutivos (1996-2000).

Resultados e Discussão

Somaclones da Araguaia

A frequência média de regeneração de plantas foi de 11,8%. Não foi observada a ocorrência de albinos, possivelmente devido à fonte do explante. Os regenerantes primários (R_1) foram transplantados para bandejas na casa de vegetação, todos foram férteis e não diferiram quanto ao tipo de planta da cultivar controle Araguaia.

Um alto grau de resistência à brusone sob condições de campo foi observado na população R_2 , enquanto as plantas da cultivar Araguaia mostraram reação suscetível para brusone nas folhas e panícula. A população R_2 foi altamente uniforme para tipo de planta em leque que é diferente do tipo ereto da cultivar Araguaia. A distribuição da altura na população R_2 foi ampla, variando de 45 a 75 cm para altura, em relação a cultivar Araguaia, a qual desviou para a direita, com plantas medindo 65 a 75 cm.

As linhas R_3 foram uniformes no campo, com poucas exceções mantendo a resistência à brusone e o tipo de planta. Por outro lado, variação contínua foi observada para altura de planta, comprimento de panícula, peso de grãos, e número de grãos/panícula. Altura de planta em R_3 mostrou ampla distribuição, variando de 55 a 95 cm, quando comparado com 85 a 100 cm da cultivar Araguaia. A correlação entre a altura das gerações R_2 e R_3 foi positiva e significativa ($r = 0.42$, $P = 0.01$). A distribuição de frequência das plantas em relação ao comprimento de panícula, peso de grãos e número de grãos/panícula é mostrada na Figura 1. Os testes de inoculações artificiais dos 31 somaclones com os patótipos IB-1 e IB-9 mostraram um alto grau de resistência à brusone nas folhas. O Somaclone SC 09 (CNAS10356) apresentou-se resistente, sob condições de inoculações em casa de vegetação aos 309 isolados de *P. grisea* provenientes de oito lavouras comerciais das cultivares Primavera e Bonança, e também aos 182 isolados coletados de campos experimentais.

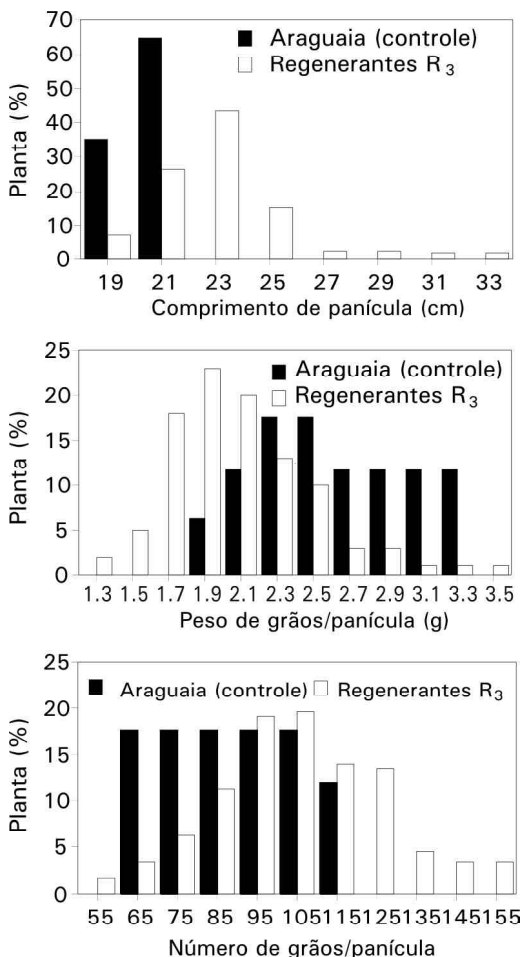


Fig. 1. Distribuição de freqüência de plantas de acordo com o comprimento de panícula, peso de grãos/panícula e número de grãos/panícula (Fazenda Palmital, 1994/95).

A análise combinada dos dados dos experimentos de campo das gerações R₅ e R₆ são apresentados na Tabela 1. Diferenças não foram detectadas para número de grãos cheios/panícula e comprimento de panícula. A maioria dos somaclones não diferiu da Araguaia, enquanto poucos mostraram valores inferiores para peso de grãos de 100 panículas e produtividade. A variação na altura entre somaclones variou de 76 a 103 cm, enquanto a cultivar Araguaia mostrou a altura de 95 cm.

Tabela 1. Altura de planta, comprimento de panícula, número de grãos/panícula, percentagem de grãos cheios, Peso de 100 grãos, peso de grãos de 100 panículas e produtividade de somaclones de Araguaia (1995/96 e 1996/97)¹.

Somaclones	Altura (cm)	Comprimento de panícula (cm)	Número de grãos/ panícula	Grãos cheios/ Panícula (%)	Peso de 100 grãos (g)	Peso de grãos/ 100 panículas (g)	Produtividade (kg/ha) ²
SC01	76,3 b	22,1a	90,5ab	51,7a	2,5ab	106,6abc	1.558,1abcd
SC02	92,2ab	20,9a	80,5ab	46,5a	2,3ab	91,2abc	1.217,6abcd
SC03	93,8ab	21,8a	82,4ab	47,5a	2,4ab	87,4abc	1.252,6abcd
SC04	105,4a	22,9a	85,6ab	54,1a	2,4ab	85,9abc	1.448,8abcd
SC05	97,7a	23,0a	76,1ab	46,5a	2,5ab	86,4abc	1.417,3abcd
SC06	92,5ab	22,2a	76,5ab	50,4a	2,3ab	87,2abc	1.539,4abcd
SC07	97,6a	21,9a	58,8 b	47,6a	2,4ab	86,0abc	1.564,3abcd
SC08	97,2ab	22,5a	80,8ab	49,1a	2,3ab	91,5abc	1.333,7abcd
SC09	103,0a	22,5a	102,4a	52,0a	2,3ab	96,3abc	1.841,8abc
SC10	89,8ab	22,1a	89,5ab	53,2a	2,3ab	91,5abc	1.430,6abcd
SC11	93,9ab	22,1a	94,5ab	45,8a	2,4ab	75,2abc	880,6d
SC12	98,0a	23,0a	86,3ab	53,0a	2,3ab	101,7abc	1.498,1abcd
SC13	95,1ab	22,2a	85,2ab	52,4a	2,2 b	93,4abc	1.262,2abcd
SC14	97,6ab	22,1a	82,8ab	51,2a	2,3ab	101,3abc	1.458,5abcd
SC15	97,7ab	21,9a	75,4ab	51,0a	2,4ab	83,2 bc	1.167,8abcd
SC16	93,1ab	21,2a	95,5ab	54,4a	2,6a	101,4abc	1.216,1abcd
SC17	103,9a	22,3a	108,3a	54,7a	2,3ab	125,0abc	1.697,5abcd
SC18	89,0ab	21,1a	81,7ab	52,3a	2,4ab	82,9 bc	1.561,5abcd
SC19	93,8ab	23,2a	98,5a	49,7a	2,5ab	96,2abc	987,0cd
SC20	95,1ab	20,6a	93,7ab	53,8a	2,4ab	116,2abc	1.641,1abcd
SC21	91,4ab	20,4a	88,9ab	46,7a	2,4ab	86,1abc	1.212,6abcd
SC22	90,8ab	21,2a	78,1ab	54,0a	2,3ab	83,5 bc	1.436,0abcd
SC23	102,0a	23,2a	97,1ab	59,5a	2,6a	118,3ab	1.575,4abcd
SC24	94,8ab	21,5a	101,8a	54,9a	2,4ab	112,4abc	1.152,4abcd
SC25	97,1ab	22,3a	84,8ab	47,8a	2,4ab	101,5abc	1.524,6abcd
SC26	93,8ab	20,8a	78,8ab	43,9a	2,3ab	95,2abc	1.236,8abcd
SC27	103,6a	21,5a	104,3a	58,9a	2,5ab	128,1a	2.043,6a
SC28	92,9ab	25,6a	89,3ab	43,4a	2,4ab	94,3abc	1.119,9 bcd
SC29	92,1ab	21,1a	91,5ab	50,5a	2,3ab	96,8abc	1.176,7abcd
SC30	91,9ab	22,2a	87,0ab	45,3a	2,3ab	96,1abc	1.008,8cd
SC31	92,6ab	21,7a	96,7ab	46,2a	1,8 c	102,1ab	892,3d
Araguaia	95,3ab	22,2a	89,3ab	60,3a	2,5ab	120,8ab	1.972,4ab

¹Médias foram baseadas de dados combinados das linhas R₅ e R₆ de campos experimentais durante 1995/96 e 1996/97,

²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade,

A maioria das correlações entre características agrônômicas das linhas R_5 e R_6 foram positivas, e altamente significantes (Tabela 2). Todos os 31 somaclones R_5 e R_6 foram resistentes à brusone nas avaliações de campo e no viveiro de brusone durante os anos 1995/96 e 1996/97.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson (r) para características agrônômicas em somaclones da cv. de arroz Araguaia (1995/96 e 1996/97)¹.

Parâmetros	Ap	Cp	NGP	PGP	PG100	PGP100	Prod
Altura de planta (Ap)		0,314**	0,243**	0,321**	0,261**	0,314**	0,449**
Comprimento de panícula (Cp)	—		0,031ns	0,011ns	0,043ns	0,027ns	0,012ns
Número de grão/panícula (NGP)			—	0,554**	0,515**	0,616**	0,489**
Porcentagem de grãos cheios/panícula (PGP)				—	0,740**	0,829**	0,817**
Peso de 100 grãos (PG100)					—	0,446**	0,424**
Peso de grãos de 100 panículas (PGP100)						—	0,703**
Produtividade (Prod)							—

¹ Número de observações utilizadas na análise (n=192), exceto para produtividade, onde n = 160.

**Significante a $P \leq 0,01$.

Um dos principais objetivos deste estudo foi obter somaclones com alto grau de resistência vertical através da avaliação e seleção de linhas R_2 a R_6 , sob condições naturais de infecção de campo e inoculações artificiais em casa de vegetação para os dois patótipos prevalentes. A população R_2 derivada de uma planta R_1 selecionada ao acaso, tornou-se altamente resistente em condições de campo. Plantas expressando mutação para resistência vertical também apresentaram tipo de planta leque.

A alta frequência de caracteres agrônômicos desejáveis combinados com a resistência à brusone pode ser atribuída ao uso da cultivar Araguaia como parental, e pelo pequeno período de indução de calos no meio de cultura. Foram registrados 20 somaclones da Araguaia no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão, como coleção de trabalho para serem utilizados como novas fontes de resistência à brusone, incluindo CNAS10356 (SCARA09).

Somaclones da IAC-47

Os somaclones apresentaram variação para resistência à brusone e peso de grãos de 100 panículas nas linhas R_5 homozigotas (Tabela 3). Dos 17 somaclones avaliados, SCIA14, SCIA01 e SCIA02 diferiram significativamente da cultivar

IAC 47. Somente SCIA14 diferiu significativamente da cultivar IAC 47 quanto à brusone nas panículas. Os somaclones SCIA14, SCIA01 e SCIA02, que apresentaram maior grau de resistência à brusone nas folhas, não diferiram da cultivar IAC 47 quanto ao peso de grãos de 100 panículas (Tabela 3). Com base nestes resultados o trabalho foi ampliado utilizando 41 somaclones R_5 multiplicados e colhidos em casa de vegetação para os estudos subseqüentes.

Tabela 3. Número de lesões por folha, severidade de brusone nas folhas, incidência de brusone nas panículas, peso de grãos de 100 panículas de 17 somaclones R_5 da cultivar de arroz IAC 47 (1995/96).

IAC 47 ¹	24,11a ³	60,72a	72,93a	49,14ab
SCIA ² 03	12,28ab	30,38ab	38,83ab	31,86b
SCIA09	11,10ab	17,30ab	53,47ab	27,85b
SCIA08	8,83ab	41,93ab	28,47ab	37,96b
SCIA11	6,70ab	13,43ab	56,37ab	41,99ab
SCIA15	5,26ab	25,33ab	43,53ab	37,46b
SCIA13	4,73ab	5,40ab	59,13ab	74,76a
SCIA07	4,73ab	8,30ab	47,77ab	30,93b
SCIA10	4,10ab	11,40ab	58,10ab	27,35b
SCIA17	4,03ab	6,03ab	28,57ab	32,96ab
SCIA12	3,86ab	6,70ab	12,63ab	57,73ab
SCIA16	3,26ab	3,57b	58,43ab	64,51ab
SCIA04	2,77ab	4,53ab	17,93ab	65,13ab
SCIA05	2,53ab	12,37ab	36,33ab	29,78b
SCIA06	1,64b	4,70ab	45,53ab	67,34ab
SCIA14	1,46b	3,37b	3,00b	70,77ab
SCIA01	0,93b	2,18b	31,70ab	65,00ab
SCIA02	0,46b	0,76b	30,50ab	94,76a

¹Testemunha suscetível, não regenerada; ²Somacлона de IAC 47; ³Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando a área sob a curva de progresso dos somaclones R_6 , sete apresentaram valores significativamente menores que a cultivar IAC 47. Entre 41 somaclones, 21 e seis apresentaram valores de r menores e maiores em relação à cultivar IAC 47, respectivamente (Tabela 4). A relação entre incidência e ASCPD não foi linear, pois a ASCPD aumentou de maneira logarítmica com o aumento da porcentagem da incidência da brusone nas folhas (Figura 2A). Entretanto, a relação entre r e ASCPD foi linear e positiva (Figura 2B), sendo a correlação significativa ($R^2 = 0,96$). Segundo o progresso da brusone nas folhas nos somaclones SCIA06 e SCIA02 e na cultivar IAC 47 (Figura 3), os valores de r dos somaclones SCIA02 (0,005) e SCIA06 (0,0016) foram menores que o da cultivar IAC 47 (0,013) indicando progresso lento da brusone nas condições de campo na geração R_6 .

Tabela 4. Incidência, área sob a curva de progresso de doença (ASCPD) e taxa aparente de infecção (r) da brusone de 41 somaclones R_6 e R_7 da cultivar de arroz IAC 47.

Genótipo	Geração R_6 (1996/97)			Geração R_7 (1997/98)	
	Incidência ³ (%)	(ASCPD) ⁴	(r) ⁵	(ASCPD) ⁴	(r) ⁵
SCIA'01	35,54	104,55	0,0045**	6,18*	0,0001**
SCIA02	19,97	45,86*	0,0016**	6,49*	0,0001**
SCIA03	31,20	67,58*	0,0035**	11,27	0,0002**
SCIA04	17,74	49,05*	0,0027**	7,46*	0,0001**
SCIA05	31,07	108,45	0,0041**	14,72	0,0003**
SCIA06	35,54	114,36	0,0050**	16,64	0,0003**
SCIA07	51,07	286,48	0,0140	44,07	0,0012
SCIA08	51,07	207,02	0,0101	38,66	0,0009
SCIA09	42,21	208,07	0,0090*	26,13	0,0005*
SCIA10	53,31	283,85	0,0158	60,40	0,0012
SCIA11	46,64	217,73	0,0111	54,27	0,0012
SCIA12	39,97	79,92	0,0033**	20,80	0,0003**
SCIA13	46,64	155,52	0,0060**	34,74	0,0005*
SCIA14	51,77	119,13	0,0050	28,61	0,0006
SCIA15	51,21	344,20	0,0208**	59,71	0,0019*
SCIA16	42,11	186,42	0,0083	45,65	0,0010
SCIA17	51,07	558,07	0,0210*	373,07*	0,0129**
SCIA18	26,64	100,88	0,0043**	11,80	0,0002**
SCIA19	37,77	103,18	0,0044**	13,66	0,0003**
SCIA20	35,54	99,13*	0,0036**	25,24	0,0004*
SCIA21	36,54	117,90	0,0044**	13,47*	0,0001**
SCIA22	31,11	57,58	0,0023**	9,03	0,0001**
SCIA23	31,07	120,48	0,0057**	8,34	0,0001**
SCIA24	33,31	63,72*	0,0025**	10,29	0,0002**
SCIA25	22,17	68,86*	0,0035**	10,87	0,0002**
SCIA26	48,41	314,17	0,0197*	274,56*	0,0088**
SCIA27	50,97	299,17	0,0101	45,24	0,0009
SCIA28	55,54	183,68	0,0084*	26,65	0,0005*
SCIA29	48,60	328,80	0,0197*	85,59	0,0014
SCIA30	26,67	76,94*	0,0035**	20,64	0,0003**
SCIA31	48,84	96,63	0,0035**	21,20	0,0007
SCIA32	53,31	313,48	0,0133	56,17	0,0012
SCIA33	48,87	345,30	0,0197*	65,14	0,0019*
SCIA34	50,97	496,43	0,0272**	62,64	0,0014
SCIA35	46,64	142,82	0,0051**	30,92	0,0005*
SCIA36	57,77	417,25	0,0134	58,64	0,0012
SCIA37	51,07	240,87	0,0096	31,82	0,0012
SCIA38	51,07	227,07	0,0094	40,58	0,0008
SCIA39	46,64	197,18	0,0106	59,29	0,0006
SCIA40	51,11	314,47	0,0094	134,99	0,0008
SCIA41	53,31	284,83	0,0133	60,11	0,0014
IAC 47 ²	44,41	272,67	0,0134	43,74	0,0010

¹Somaclone de IAC 47; ²Testemunha suscetível, não regenerada; ³Nenhum dos somaclones diferiu da cultivar IAC 47 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁴Médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da cultivar IAC 47 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁵Médias seguidas por asteriscos diferem significativamente da cultivar IAC 47 de acordo com o teste t a 5% (*) e 1% (**) de probabilidade.

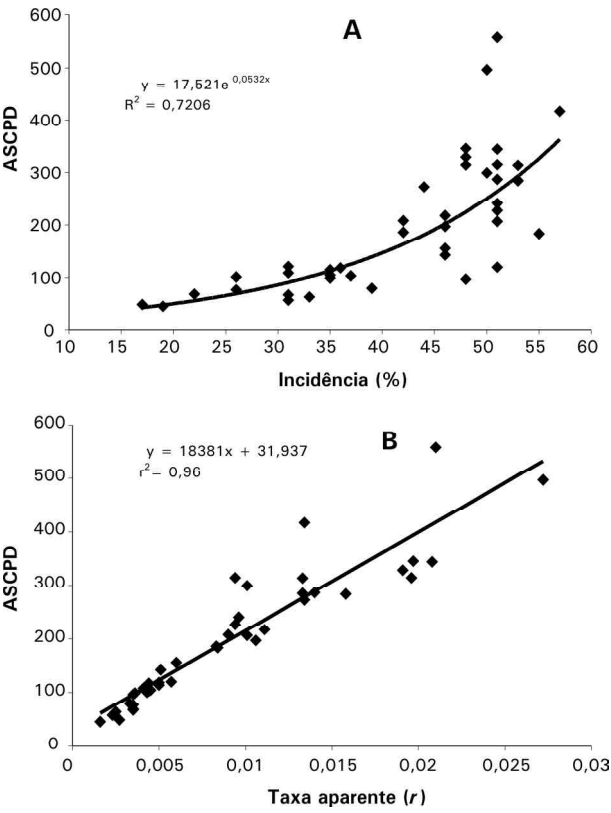


Fig. 2. Relação entre incidência e área sob a curva de progresso de doença (ASCPD) da brusone nas folhas (A) e entre taxa aparente de infecção (r) e área sob a curva de progresso (B) de 41 somaclones R_6 (Fazenda Capivara, 1996/97) e a cultivar IAC 47 (Os pontos indicam as médias das observações de cada genótipo).

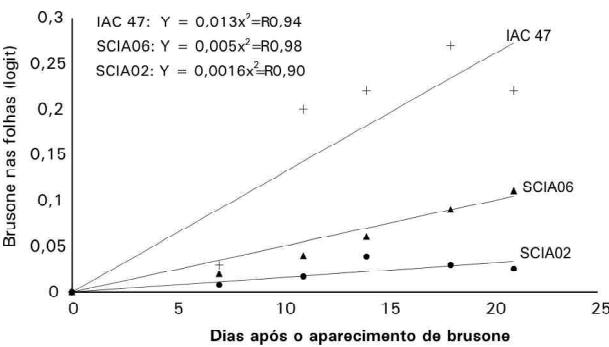


Fig. 3. Progresso da brusone nas folhas dos somaclones SCIA06 e SCIA02, e da cultivar IAC 47 (Fazenda Capivara, 1996/97).

A altura foi significativamente menor para SCIA01, SCIA04, SCIA24, SCIA39 e SCIA41 e maior para SCIA17, SCIA19, SCIA25, e SCIA32 comparados à cultivar IAC 47 (Tabela 5). Os somaclones não diferiram da cultivar IAC 47 quanto ao comprimento de panícula, porcentagem de grãos cheios e peso de grãos por 100 panículas, entretanto, apresentaram dois tipos de plantas distintos, um com folha ereta verde-escura (EVE) e outro com folha decumbente verde-amarelo (DVA). Os dois tipos de plantas foram diferentes da cultivar IAC 47 que apresentou folha decumbente verde-palha (DVP). Diversos genes marcadores afetando características morfológicas como coloração de algum órgão da planta vêm sendo identificados no germoplasma, devido a ocorrência de variação na natureza ou através de tratamentos mutagênicos. Os genes para coloração de folha verde-escura e verde-amarela pertencem aos grupos de ligações 3 e 10, respectivamente (Khush & Kinoshita, 1991). As variações dos somaclones para dois tipos distintos de plantas, diferentes da cultivar original IAC 47, podem ser consideradas como mutações genéticas e herdáveis como as que têm sido registradas em diversas culturas, inclusive arroz (Fukui, 1983; Cai et al., 1990). Comparados à cultivar IAC 47, todos os somaclones apresentaram ciclo precoce nas condições de campo, em Goiânia. Os somaclones apresentaram variação para três tipos diferentes de grãos, além do mesmo tipo de grão da cultivar IAC 47. O estudo realizado com quatro cultivares de arroz com diferentes tipos de grãos mostraram que o comprimento e peso de grãos de somaclones foi reduzido comparado com os parentais (Zheng et al., 1989). Todos os somaclones apresentaram característica aromática nos testes realizados com a penúltima folha enquanto a cultivar IAC 47 não apresentou aroma. A mutação para esta característica derivada de uma cultivar não aromática é rara e inédita.

A severidade da brusone nas panículas dos 17 somaclones R_6 variou de 24,7 a 75,5% (Tabela 6). Seis somaclones apresentaram significativamente maior severidade, enquanto os demais não diferiram da cultivar IAC 47. A correlação entre a brusone nas panículas nas gerações R_5 e R_6 foi positiva e significativa ($r = 0,58$; $P \leq 0,05$). Os somaclones não diferiram da cultivar IAC 47 quanto ao número de grãos por panícula, enquanto apresentaram diferenças na degranação. Entre 17 somaclones oito apresentaram degranação menor que a cultivar IAC 47, indicando a superioridade dos mesmos. Os 17 somaclones apresentaram diferenças significativas em produtividade. Com exceção do somaclone SCIA02 que não diferiu da cultivar IAC 47 todos os outros foram inferiores (Tabela 6).

Tabela 5. Altura, comprimento de panícula, porcentagem de grãos cheios, peso de grãos de 100 panículas e tipo de planta de 41 somaclones R₆ e da cultivar IAC 47 (1996/97).

Genótipo	Altura (cm) ^f	Comprimento de panícula (cm) ^g	Porcentagem de grãos cheios ^h	Peso de grãos de 100 panículas (g) ⁱ	Tipo de planta	Tipo de grão
SCIA01* ²	60,33*	23,14	60,05	75,40	EVE	T ₀
SCIA02*	80,67	21,13	66,77	98,76	EVE	T ₀
SCIA03** ³	82,33	22,12	46,83	53,23	EVE	T ₀
SCIA04*	62,67*	21,53	77,47	57,63	EVE	T ₀
SCIA05**	78,33	21,36	61,35	46,23	DVA	T ₀
SCIA06*	85,67	20,75	66,19	66,78	EVE	T ₀
SCIA07*	83,00	17,49	59,69	36,04	DVA	T ₀
SCIA08**	78,33	19,62	78,47	58,67	DVA	T ₀
SCIA09*	82,00	19,10	51,67	36,88	DVA	T ₀
SCIA10*	74,33	19,38	74,48	50,95	DVA	T ₀
SCIA11*	81,00	17,63	78,72	44,94	DVA	T ₀
SCIA12*	72,33	17,64	63,01	37,73	DVA	T ₀
SCIA13*	69,67	17,40	80,64	65,39	DVA	T ₀
SCIA14**	72,67	18,39	77,45	45,30	DVA	T ₀
SCIA15*	89,00	18,76	66,42	31,98	DVA	T ₀
SCIA16*	83,33	15,72	56,63	48,98	DVA	T ₀
SCIA17*	91,00*	18,67	53,78	38,63	DVA	T ₀
SCIA18*	72,33	21,22	66,28	60,63	EVE	T ₀
SCIA19*	93,00*	18,30	69,70	41,40	EVE	T ₀
SCIA20*	81,33	17,84	61,49	38,30	EVE	T ₀
SCIA21*	67,67	18,94	45,46	59,80	EVE	T ₀
SCIA22*	85,00	21,02	79,69	64,13	EVE	T ₀
SCIA23*	82,33	20,48	81,63	64,13	EVE	T ₀
SCIA24*	62,33*	20,22	65,36	64,10	EVE	T ₀
SCIA25*	90,33*	20,83	36,81	55,37	EVE	T ₀
SCIA26*	72,67	20,59	65,13	42,10	DVA	T ₀
SCIA27**	72,33	18,89	50,26	29,13	DVA	T ₀
SCIA28**	75,33	19,82	56,83	50,60	DVA	T ₀
SCIA29*	64,00	17,65	69,65	41,84	DVA	T ₀
SCIA30*	76,00	18,78	76,46	68,90	EVE	T ₀
SCIA31**	74,67	17,81	79,92	60,33	EVE	T ₀
SCIA32**	97,67*	33,49	69,67	55,18	DVA	T ₀
SCIA33**	75,33	19,86	71,87	37,13	DVA	T ₀
SCIA34**	72,33	17,33	56,99	60,04	DVA	T ₀
SCIA35**	65,00	19,91	60,28	44,73	DVA	T ₀
SCIA36**	71,33	20,05	73,45	59,92	DVA	T ₀
SCIA37**	83,33	18,78	68,31	47,38	DVA	T ₀
SCIA38*	73,00	18,50	75,44	47,07	DVA	T ₀
SCIA39**	62,33*	20,11	67,44	54,63	DVA	T ₀
SCIA40**	67,33	20,61	58,08	29,15	DVA	T ₀
SCIA41*	62,33*	18,60	77,84	47,52	DVA	T ₀
IAC 47 ⁴	76,67	18,31	71,48	53,75	DVP	T ₀

¹Somaclone de IAC 47; ²Somaclones de ciclo precoce com duração de 110 dias; ³Somaclones de ciclo precoce com duração de 120 dias; ⁴Testemunha suscetível de ciclo médio com duração de 130 dias, não regenerada; ⁵Médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da cultivar IAC 47 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁶Nenhum dos somaclones diferiu da cultivar IAC 47 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; EVE = Planta com folha ereta verde escura; DVA = Planta com folha decumbente verde-amarelo; DVP = Planta com folha decumbente verde-palha, T₀ = grão igual a cultivar IAC 47, com apículo preto e sem arista; T₁ = grão com arista vermelha; T₂ = grão com apículo branco e sem arista; T₃ = grão com arista preta.

Tabela 6. Número de grãos totais por panícula, degranação, severidade da brusone nas panículas e produtividade na geração R_6 de 17 somaclones da cultivar IAC 47, e peso de grãos de 100 panículas e produtividade de 13 somaclones R_7 da cultivar de arroz IAC 47.

Genótipo	Geração R_6 (1996/97)				Geração R_7 (1997/98)	
	Severidade da brusone nas panículas	Degranação	Nº de grãos totais por panícula	Produtividade (Kg/ha)	Peso de grãos de 100 panículas (g)	Produtividade (Kg/ha)
SCIA09	75,49a ²	1,40bcd	75,91ab	519,7fg	-	-
SCIA10	74,54a	1,13d	79,21ab	154,2g	-	-
SCIA07	67,63ab	1,93abcd	88,83ab	646,0fg	104,7b	877,0 cd
SCIA11	65,61abc	1,26cd	74,75ab	738,6efg	-	-
SCIA15	64,84abcd	1,60bcd	86,62ab	438,5fg	-	-
SCIA05	50,90abcde	1,66abcd	68,12ab	907,3def	143,7ab	1079,0bcd
SCIA01	45,06bcde	1,40bcd	88,79ab	1534,8bcd	188,3a	1510,0ab
SCIA16	44,09bcde	2,20abc	93,79ab	1391,8bcd	132,8ab	1009,0bcd
SCIA17	45,46bcde	1,33cd	90,33ab	385,5fg	129,4ab	679,6d
SCIA03	37,10e	1,73abcd	61,96b	1378,0bcde	158,9ab	1432,0abc
SCIA13	37,36de	1,93abcd	89,25ab	1631,7bc	131,9ab	947,3bcd
IAC 47 ¹	45,10bcde	2,66a	60,17b	2368,1a	162,4ab	1072,0bcd
SCIA08	35,95e	3,33cd	93,13ab	990,3cdef	163,2ab	1190,0abcd
SCIA06	35,58e	1,86abcd	78,50ab	1557,0bcd	126,8ab	1233,0abcd
SCIA04	34,84e	2,40ab	71,67ab	1676,6b	149,5ab	1433,0abc
SCIA12	26,25e	1,46bcd	84,25ab	973,1def	120,7ab	897,7cd
SCIA14	27,71e	2,00abcd	102,46a	1522,6bcd	113,0ab	799,3d
SCIA02	24,67e	1,46bcd	85,29ab	2588,2a	180,0ab	1774,0a

¹Testemunha suscetível, não regenerada.

²Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na geração R_7 , os somaclones apresentaram diferenças significativas tanto para ASCPD como para taxa aparente de infecção (Tabela 4). Entre 41 somaclones, quatro e dois apresentaram ASCPD significativamente menor e maior que a cultivar IAC47, respectivamente. Levando em consideração a taxa aparente de infecção, 20 somaclones apresentaram valores de r menores e quatro maiores que a cultivar IAC 47. As correlações dos valores de ASCPD entre somaclones das gerações R_6 e R_7 ($r = 0,69$; $P \leq 0,01$) e com relação à taxa aparente de infecção ($r = 0,60$; $P \leq 0,01$) foram significativas. Estes resultados indicaram a estabilidade quanto ao grau de resistência da brusone nas folhas nas duas gerações.

O experimento de campo, realizado para verificar o potencial de produtividade de 13 somaclones R_7 , mostrou diferenças significativas no peso de grãos de 100 panículas e produtividade (Tabela 6). Com exceção de um, os somaclones não diferiram da cultivar IAC 47 quanto ao peso de grãos por 100 panículas. A produtividade do SCIA02 (1774 kg/ha) foi superior a da cultivar IAC 47 com 1072 kg/ha. O mesmo somaclone sobressaiu-se nas gerações R_6 e R_7 .

Os dois somaclones SCIA02 e SCIA06 apresentaram progresso lento da brusone nas folhas, precocidade com duração do ciclo de 110 dias, alta produtividade quando comparados à cultivar IAC 47, além de tipo de planta com folha ereta verde e aroma. Estes somaclones têm grande valor para utilização como doadores de resistência visando melhoramento de arroz de terras altas. Os mesmos somaclones apresentaram maior grau de resistência parcial *sensu* Parlevliet & Ommeren (1975), nos testes realizados nas gerações iniciais com um patótipo virulento em condições controladas de casa de vegetação (Araújo et al., 1997).

Observou-se variação para algumas características agrônômicas importantes, além da brusone, nos somaclones derivados da cultivar IAC 47, confirmando diversos outros relatos em arroz (Fukui, 1983; Mandal et al., 1999). Nas plantas de arroz regeneradas, 75% apresentaram mutações morfológicas (Oono, 1978). Entretanto, a frequência de alteração em altura, fertilidade e outras características têm sido variável em diferentes cultivares (Zhuravlev & Zmeeva, 1996). Neste trabalho a frequência de características desejáveis de somaclones derivados da cultivar IAC47 pode ser considerada alta. A fonte principal de variação foi a obtenção de plantas regeneradas a partir de calos de panículas imaturas. Alguns dos somaclones têm valor para o melhoramento genético, com precocidade e aroma do grão. A variação somaclonal, a partir de cultivares comerciais de arroz pode ser utilizada para recuperar, em alta frequência, características agrônômicas que permanecem estáveis ao longo das gerações.

Somaclones da Basmati-370

A análise de variância para as características agrônômicas, nas gerações R_5 e R_6 não mostrou diferenças significativas. A análise de variância para o teor de amilose, comprimento do grão beneficiado cru e cozido na geração R_6 , também não foi significativa. Por outro lado, todas as correlações entre as gerações R_5 e R_6 para altura de planta, comprimento de panícula, número de grão por panícula, porcentagem de grãos cheios, peso de 100 grãos, peso de grãos de 100 panículas, produtividade e rendimento de engenho foram positivas e significativas, indicando a estabilidade das características, ou seja, os somaclones apresentam homozigose para estas características (Tabela 7). De acordo com Marshall & Courduries (1992), as características com herança quantitativa como altura de planta, ciclo e peso de grãos são mais difíceis de serem selecionadas nas gerações iniciais porque os somaclones não atingiram a homozigose. Todos os somaclones de Basmati-370 apresentaram característica aromática nos testes realizados com a

penúltima folha, destacando-se os somaclones SCBAS04 e SCBAS16 com aroma mais intenso que a cultivar Basmati-370. Todos os somaclones R_6 não diferiram estatisticamente da cultivar Basmati-370 quanto ao comprimento do grão beneficiado cru e cozido. Na Figura 4 são mostradas algumas características do grão do somaclone SCBAS04 e da cultivar Basmati-370. O alongamento é uma característica muito importante para a cultivar de arroz aromática Basmati-370. A razão de alongamento em relação ao comprimento do grão cru e cozido para o somaclone SCBAS04 e para a cultivar Basmati-370 foi de 1,76 e 1,74, respectivamente.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson (r) para as características agrônômicas entre as gerações R_5 e R_6 da cultivar Basmati-370 (1995/96 e 1996/97).

Parâmetro	Coeficiente de correlação (r)	Média \pm desvio padrão	
		Geração R_5	Geração R_6
Altura	0,40*	107,46 \pm 5,7	109,9 \pm 5,4
Comprimento de panícula	0,35*	21,75 \pm 1,2	21,43 \pm 1,7
Número de grão por panícula	0,38*	60,22 \pm 12,5	59,45 \pm 8,47
Porcentagem de grãos cheios	0,37*	88,79 \pm 5,7	67,24 \pm 10,2
Peso de 100 grãos	0,41*	2,27 \pm 0,12	2,08 \pm 0,14
Peso de grãos de 100 panículas	0,40*	113,05 \pm 15,8	102,22 \pm 23,8
Rendimento de engenho	0,39*	60,83 \pm 2,5	52,75 \pm 4,3
Produtividade	0,39*	3347,61 \pm 543,6	2372,85 \pm 360,2

*Significativo a 5% de probabilidade.



Fig. 4. Tipo de grão com casca, sem casca e alongamento após cozimento do somaclone SCBAS04 e da cultivar Basmati-370 (SCBAS04 - amilose: 24,6%; comprimento do grão cru: 0,65; comprimento do grão cozido: 1,15; Basmati-370: amilose: 24,3%; comprimento do grão cru: 0,62; comprimento do grão cozido: 1,08).

Considerando-se a área sob curva de progresso e a taxa aparente de infecção dos 19 somaclones R₇, dois somaclones SCBAS04 e SCBAS16 apresentaram valores significativamente menores que a cultivar Basmati-370 (Tabela 8).

Tabela 8. Área sob curva de progresso (ASCP) e taxa aparente de infecção (b) da brusone de somaclones R₇, R₈ e R₉ da cultivar de arroz Basmati-370.

Genótipo ¹	Geração R ₇ (1997/98)		Geração R ₈ (1998/99)		Geração R ₉ (1999/00)	
	ASCP ³	b ⁴	ASCP ³	b ⁴	ASCP ³	b ⁴
SCBAS20 (CNAI10383)	236,24a	1,60	-	-	-	-
SCBAS24 (CNAI10386)	233,01a	1,77	66,80g	0,06*	90,84bc	0,92
SCBAS22 (CNAI10385)	224,18a	1,94	90,45f	0,03*	64,39bcd	0,58
SCBAS21 (CNAI10384)	206,52a	1,28	129,88d	0,35	47,06cdef	0,32*
SCBAS18 (CNAI10381)	201,64a	1,43	-	-	-	-
SCBAS06 (CNAI10374)	199,85a	1,17	65,43g	0,09	32,14def	0,27*
SCBAS15 (CNAI10378)	197,76a	1,81	-	-	-	-
SCBAS26 (CNAI10387)	193,43a	1,35	-	-	-	-
SCBAS03 (CNAI10372)	193,17a	0,80	-	-	-	-
SCBAS07 (CNAI10375)	191,75a	1,37	65,9g	0,21	44,21cdef	0,37*
SCBAS32 (CNAI10389)	188,51a	1,65	-	-	-	-
SCBAS19 (CNAI10382)	187,82a	1,34	-	-	-	-
SCBAS01 (CNAI10371)	182,25a	1,09	-	-	-	-
SCBAS12 (CNAI10377)	174,73a	1,13	-	-	-	-
SCBAS17 (CNAI10380)	168,75a	1,11	67,31g	0,16	44,47cdef	0,39
SCBAS10 (CNAI10376)	163,64a	1,00	-	-	-	-
SCBAS30 (CNAI10388)	149,64a	1,17	108,53e	0,17	51,82bcde	0,53
Basmati-370 ⁽²⁾	144,75a	0,79	147,25c	0,78	126,54b	1,26
SCBAS04 (CNAI10373)	50,60b	0,28*	32,35h	0,05*	21,46ef	0,13*
SCBAS16 (CNAI10379)	48,70b	0,24*	31,48h	0,05*	18,70f	0,11*
Della	-	-	1204,40a	6,5*	722,90a	9,78*
Jasmine 85	-	-	469,36b	6,28*	576,62a	7,75*

¹Genótipos com a sigla SCBAS são somaclones de Basmati-370, os números em parênteses referem-se ao registro no banco ativo de germoplasma; ²Testemunha suscetível, não regenerada; ³Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁴Médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da cultivar Basmati-370 pelo teste t a 5% de probabilidade.

Os 19 somaclones foram registrados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão, como coleção de trabalho do melhorista para serem utilizados como novas fontes de aroma e, os somaclones SCBAS04 (CNAI10373) e SCBAS16 (CNAI10379), como fontes de resistência parcial à brusone.

A avaliação de somaclones em condições de inoculação artificial em casa de vegetação mostrou diferenças significativas entre os genótipos em relação ao nível

de resistência parcial. Entretanto, a interação entre isolados e genótipos não foi significativa. Entre 32 genótipos, incluindo Basmati-370 (31) e a testemunha suscetível (32) somente dois somaclones (4 e 16) apresentaram índice de resistência parcial significativamente menores que os demais genótipos (Figura 5).

Os somaclones SCBAS04 e SCBAS16 apresentaram severidade significativamente menor que as cultivares Basmati-370 com 5×10^4 e 10^5 conídios/ml (Tabela 9). Na concentração de 2×10^5 esporos/ml não houve diferenças significativas entre os genótipos. Com uma concentração de 4×10^5 esporos/ml somente o SCBAS16 apresentou significativamente menor severidade que a cultivar Basmati-370.

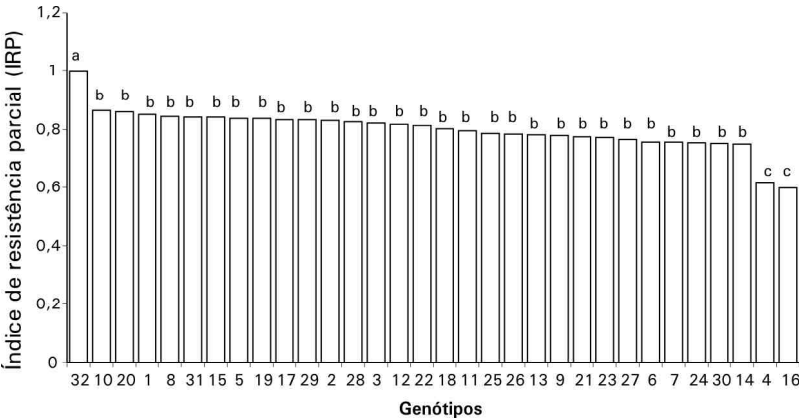


Fig. 5. Índice médio de resistência parcial (IRP) de 30 somaclones R_7 de Basmati-370 inoculados com quatro isolados pertencentes ao patótipo IB-1 de *Pyricularia grisea* em casa de vegetação (31 = Basmati-370, não regenerado; 32 = CO39, testemunha suscetível; 1 a 30 = somaclones de Basmati-370), Barras com a mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Fazenda Palmital, 1997/98).

Tabela 9. Severidade de brusone nas folhas para o patótipo IB-1 de *Pyricularia grisea* em quatro concentrações de esporos para dois somaclones R_7 de Basmati-370 e Basmati-370¹ (2000).

Genótipos	Concentração de inóculo (esporos/ml)			
	5x10 ⁴	1x10 ⁵	2x10 ⁵	4x10 ⁵
Basmati-370	24,9a	32,48a	50,89a	70,03a
SCBAS04 (CNAI10373)	15,58b	20,60b	47,16a	61,66ab
SCBAS16 (CNAI10379)	14,11b	18,88b	44,10a	60,36b

¹Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores da dose eficiente (DE_{50}) para SCBAS04, SCBAS16 e Basmati-370 foram $2,75 \times 10^5$, $2,8 \times 10^5$ e $1,75 \times 10^5$ esporos/ml, respectivamente, indicando resistência parcial dos somaclones SCBAS04 e SCBAS16, em relação à cultivar Basmati-370 (Figura 6). Os componentes associados ao alto grau de resistência parcial incluem a resistência à infecção, a extensão da lesão e a esporulação. A eficiência da infecção à *P. grisea* tem sido relatada como um componente importante em cultivares de arroz (Yeh & Bonman, 1986). Além da análise de variância que mostrou severidades significativamente menores dos somaclones do que a cultivar Basmati-370 em inoculações com diferentes concentrações de conídios, a dose eficiente (DE_{50}), estimada pela curva de probit-log dosagem mostrou uma baixa eficiência de infecção dos somaclones, indicando alto grau de resistência parcial dos mesmos.

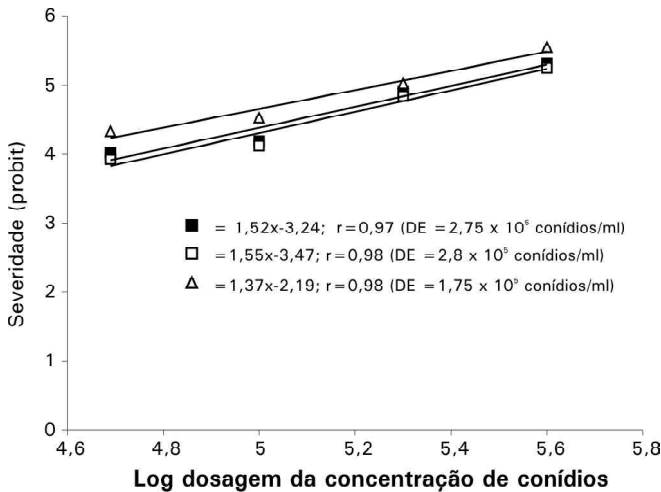


Fig. 6. Efeito da concentração de conídios sobre a severidade de brusone nas folhas em dois somaclones de Basmati-370 (SCBAS04, ■ e SCBAS16, □) na cultivar Basmati-370, (Δ) em condições de inoculações artificiais com o patótipo virulento (IB-1) de *Pyricularia grisea* (as severidades em porcentagem foram transformadas em probit e número de conídios por ml (5×10^4 , 1×10^5 , 2×10^5 e 4×10^5) foram transformados para log dose para determinação da dose eficiente (DE_{50} , 2001).

Nos resultados das avaliações de brusone nas folhas no campo, viveiro de brusone e em casa de vegetação, destacaram-se dois somaclones SCBAS04 (CNAI10373) e SCBAS16 (CNAI10379) da cultivar Basmati-370 portadores de bom nível de resistência parcial, além de possuir aroma e outras características agrônomicas desejáveis. Esses genótipos podem ser utilizados como cultivares

aromáticas visando não só o mercado interno, ainda restrito no país, como a exportação. Entretanto, são necessários ainda estudos na área de fitotecnia, incluindo práticas culturais, para explorar o potencial máximo de produtividade.

Somaclones da Bluebelle

De um total de 62 plantas R_2 , provenientes de seis plantas R_1 , oito apresentaram reação de resistência (nota 3) e duas de suscetibilidade (nota 5), em condições de viveiro. Por outro lado, a cultivar Bluebelle permaneceu altamente suscetível à brusone. As três linhas R_3 selecionadas no primeiro ciclo de seleção apresentaram-se suscetíveis à brusone (nota 5) no viveiro em 1996/97. Isto indica que, para se conseguir alto grau de resistência à brusone com uma única fase de indução de calos e regeneração de plantas, o grau adequado de resistência da cultivar parental é muito importante. Os somaclones derivados das cultivares altamente suscetíveis como Maratelli e altamente resistente como Ramtulasi não apresentaram variação somaclonal para brusone, como relatado no trabalho por Araújo et al. (1998).

Foram regeneradas 4, 18 e 50 plantas R_1 , a partir de cada planta R_2 selecionada no viveiro de brusone. Os resultados da avaliação de brusone no viveiro das três populações R_{2-1} , R_{2-2} e R_{2-3} , obtidas de cada população R_1 , são apresentados na Figura 7. De um total de 213 e 143 plantas das populações R_{2-1} e R_{2-2} , respectivamente 19,5% e 46% apresentaram reações resistentes (0-3), enquanto todas as 500 plantas da população R_{2-3} e da cultivar Bluebelle exibiram reações altamente suscetíveis (nota 9).

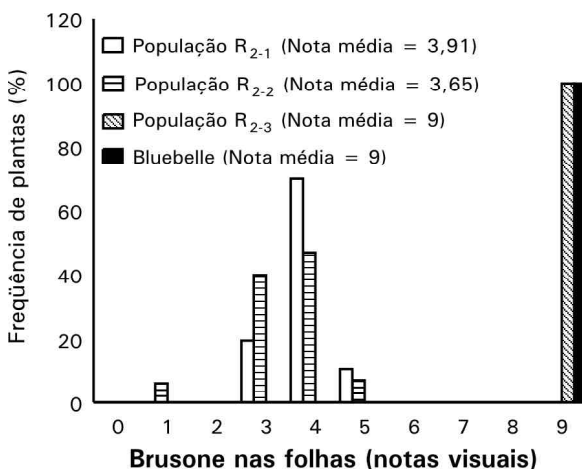


Fig. 7. Frequência de distribuição de plantas R_2 da cultivar Bluebelle de acordo com a reação à brusone nas folhas de arroz em viveiro de brusone (Fazenda Palmital, 1996/97).

Os resultados da avaliação de brusone no viveiro, da geração R_4 provenientes da população R_{2-1} , são apresentados na Figura 8. De um total de 71 somaclones R_4 da população R_{2-1} , 42,1% exibiram reações de resistência, com graus que variaram de 1 a 3, enquanto a cultivar Bluebelle apresentou reação altamente suscetível (nota 9) nas mesmas condições. Todos os 113 somaclones R_4 provenientes da população R_{2-2} foram suscetíveis, embora com níveis menores de suscetibilidade (notas 5 e 7) em relação à cultivar Bluebelle. Todas somaclones R_4 das duas populações mostraram o mesmo tipo de grão de coloração palha apresentado nas gerações anteriores. A geração R_5 da populações R_{2-1} foi avançada na entressafra e as linhas foram uniformes e férteis mantendo o mesmo tipo de grão ocorrido nas gerações anteriores.

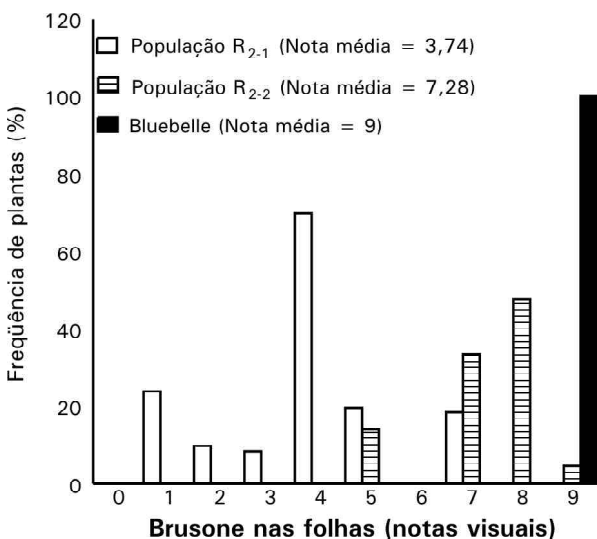


Fig. 8. Frequência de distribuição de plantas R_4 da cultivar Bluebelle (de acordo com a reação à brusone nas folhas de arroz em viveiro de brusone (Fazenda Palmital, 1997/98).

No primeiro experimento de casa de vegetação, utilizando três isolados de *P. grisea*, dois pertencentes ao patótipo IB-41 e um ao patótipo IB-45, coletados na cultivar Metica-1, todos os 47 somaclones foram resistentes enquanto a cultivar Bluebelle foi altamente suscetível.

No segundo experimento de casa de vegetação entre os 47 somaclones avaliados para os quatro isolados, 22 foram resistentes, quatro foram suscetíveis e 21 apresentaram reações diferenciais. Todos os somaclones apresentaram-se resistentes ao isolado de Bluebelle, indicando mutação do gene para resistência. A cultivar Bluebelle foi suscetível a todos os isolados (Tabela 10).

Tabela 10. Reação de somaclones R₆ de Bluebelle (CNAI) em relação a 5 isolados de *Pyricularia grisea* sob condições artificiais em casa de vegetação e em quatro locais no Viveiro Nacional de Brusone (1998/99).

Genótipo	Isolado ¹					Viveiro Nacional de Brusone (loais)			
	ScPy1	ScPy8	ScPy17	ScPy26	BbPy	Palmital	Capivara	Formoso	Pindamonhangaba
CNAI10304	7	2	0	2	0	4	3	1	1
CNAI10305	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10306	2	2	0	2	0	3	3	1	1
CNAI10307	9	7	7	9	0	5	4	1	4
CNAI10308	9	9	7	9	0	9	4	2	4
CNAI10309	9	9	5	5	0	4	4	2	4
CNAI10310	2	2	2	2	0	3	3	2	1
CNAI10311	2	7	2	2	0	5	3	2	7
CNAI10312	2	0	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10313	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10314	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10315	2	5	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10316	2	5	2	2	0	3	3	1	4
CNAI10317	2	2	5	2	0	3	3	1	4
CNAI10318	5	5	2	2	0	3	4	1	4
CNAI10319	0	2	5	2	0	3	3	1	1
CNAI10320	2	2	2	0	0	3	3	1	3
CNAI10321	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10322	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10323	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10324	2	9	9	9	0	9	4	2	8
CNAI10325	2	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10326	2	9	2	2	0	7	3	1	4
CNAI10327	2	9	7	7	0	9	3	1	4
CNAI10328	2	0	9	5	0	2	3	1	4
CNAI10329	0	0	2	5	0	6	3	3	4
CNAI10330	0	0	7	2	0	3	3	1	1
CNAI10331	0	2	2	2	0	3	3	2	3
CNAI10332	0	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10333	0	0	2	2	0	3	3	2	1
CNAI10334	5	2	2	2	0	4	3	2	1
CNAI10335	0	2	2	2	0	3	3	1	1
CNAI10336	7	9	9	2	0	9	3	2	1
CNAI10337	5	2	2	2	0	3	3	2	4
CNAI10338	7	9	7	2	0	4	3	3	1
CNAI10339	2	2	2	2	0	2	3	1	3
CNAI10340	2	2	2	2	0	2	3	2	1
CNAI10341	5	2	2	2	0	2	1	2	4
CNAI10342	2	2	2	2	0	2	1	1	1
CNAI10343	0	2	2	0	0	3	1	1	1
CNAI10344	0	2	2	2	0	2	1	1	1
CNAI10345	0	2	2	2	0	3	1	2	1
CNAI10346	2	2	2	2	0	3	1	1	1
CNAI10347	5	2	2	2	0	2	1	1	4
CNAI10348	2	2	2	7	0	3	1	2	4
CNAI10349	9	9	9	2	0	9	1	2	4
CNAI10350	5	9	7	9	0	5	1	2	4
Bluebelle	9	9	9	9	9	9	9	9	4
Patótipo	IB-45	IB-45	IA-37	IC-1	IB-45	-	-	-	-

¹ScPy1, ScPy8, ScPy17 e ScPy26: Patótipos de somaclones de Bluebelle; BbPy: Patótipo de Bluebelle; Notas 0 a 3: resistentes e notas 4 a 9: suscetíveis, Somaclones que apresentaram reação resistente para cinco isolados de *Pyricularia grisea* e em quatro locais de teste no viveiro de brusone.

Os somaclones mais resistentes obtidos em casa de vegetação também foram resistentes nos testes realizados no VNB na fazenda Palmital, Capivara, Formoso e Pindamonhangaba (Embrapa Arroz e Feijão, 1999). Todos os 47 somaclones de Bluebelle foram registrados no BAG da Embrapa Arroz e Feijão

Todos os somaclones apresentaram o grão de coloração palha, indicando variação genética para coloração do grão (Figura 9).



Fig. 9. Tipo de grãos de arroz apresentado pelo somaclone SCBB22 de Bluebelle (esquerda) resistente à brusone, com coloração de grão palha e pela cultivar Bluebelle (direita) suscetível com coloração de grão dourada.

No presente trabalho, as progênies R_2 do primeiro ciclo de seleção apresentaram variabilidade para resistência à brusone sob alta pressão de doença no viveiro, mas não foi adequada. As três plantas que apresentaram resistência moderada e utilizadas para nova indução de calos e regeneração de plantas mostraram maior variabilidade para todas as características, incluindo brusone. O incremento nas variações desejadas foi obtido através do segundo ciclo de seleção, conforme o procedimento sugerido por Evans et al. (1984). Estes resultados mostraram a importância da indução e regeneração a partir de plantas nas gerações iniciais de cultivo de células.

Somaclones da Metica-1

Dos 280 somaclones R_4 somente dois apresentaram reação de resistência, com nota 3, enquanto a cultivar Metica-1 mostrou reação altamente suscetível (nota 9) nas mesmas condições (Figura 10). Estes dois somaclones são os mesmos que apresentaram resistência na geração R_2 , demonstrando a estabilidade da resistência.

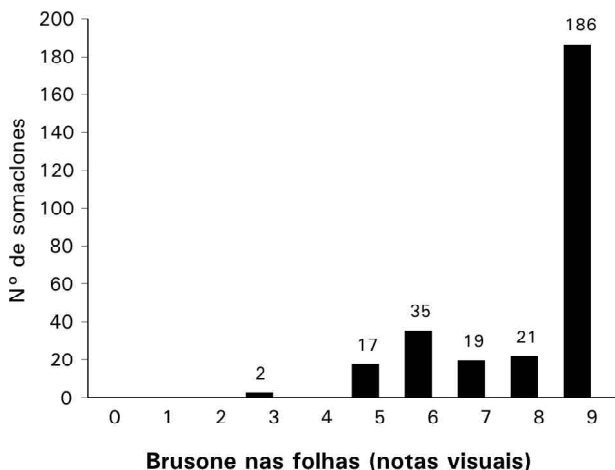


Fig. 10. Distribuição de somaclones R_4 da cultivar Metica-1 de acordo com a reação à brusone nas folhas de arroz em viveiro de brusone. A cultivar Metica-1 utilizada como testemunha suscetível apresentou reação altamente suscetível, nota 9 (Fazenda Palmital, 1997/98).

Na geração R_5 , entre 52 genótipos avaliados no viveiro, incluindo Metica-1, somente dois somaclones (CNAI10390 e CNAI10393) continuaram apresentando resistência à brusone (nota 1), enquanto a cultivar Metica-1 apresentou reação altamente suscetível (Tabela 11). Resultados semelhantes com alto a moderado grau de resistência à brusone foram relatados em outros países por Bouharmont et al. (1991) e Chauhan et al. (1996). A variação genética nas plantas regeneradas é por causa da variação pré existente no explante doador e no meio de cultura. As alterações no genoma foram atribuídas à expressão de células mutantes, recombinação mitótica e outras variações citológicas (Evans et al., 1984). Quanto à severidade da brusone nas folhas, 13 somaclones apresentaram valores relativamente menores que a cultivar Metica-1.

Em R_6 , a resistência dos dois somaclones no viveiro de brusone foi mantida. Entre 38 somaclones avaliados somente sete (CNAI10390, CNAI10391, CNAI10393, CNAI10397, CNAI10398, CNAI10406 e CNAI10427) apresentaram severidades menores que a cultivar Metica-1 (Tabela 11). As correlações dos valores de severidade entre somaclones das gerações R_5 e R_6 foram significativas (Figura 11). Estes resultados indicaram a estabilidade quanto ao grau de resistência da brusone nas folhas nas duas gerações. Os dois somaclones resistentes à brusone também apresentaram ciclo precoce, nas condições de campo, em Santo Antônio de Goiás, com duração do ciclo de 120 dias contra 135 dias da cultivar Metica-1. Abbasi et al. (1999) também constataram uma redução expressiva no número de dias em relação ao florescimento e à altura das plantas.

Tabela 11. Reação de somaclones R₅ e R₆ (1999/00 e 2000/01) da cultivar de arroz Metica-1 no viveiro de brusone e em relação a cinco isolados de *Pyricularia grisea* sob condições artificiais de inoculação em casa de vegetação (2000), e severidade de mancha dos grãos (SMG, 2001).

Somaclone ¹	Viveiro de brusone				Isolado ⁴					
	Geração R ₅		Geração R ₆		MtPy	CiPy	ScmetPy3	ScgicaPy12	EpPy	SMG (%)
	Nota ²	SBF (%) ³	Nota ²	SBF (%) ³						
CNAI10390	1	0	1	0	1	0	1	3	0	11,1abc ⁵
CNAI10391	6	17,9	7	34,0	0	0	5	7	0	24,4a
CNAI10392	7	74,6	9	100	7	0	7	7	5	10,6abc
CNAI10393	1	0	1	0	1	0	1	1	0	11,8abc
CNAI10394	9	100	9	100	7	0	5	5	5	16,2abc
CNAI10395	9	100	9	100	7	0	5	5	5	16,9abc
CNAI10396	9	100	9	100	7	0	5	5	5	15,5abc
CNAI10397	6	48,0	6	24,7	3	0	1	3	3	8,0abc
CNAI10398	6	40,2	6	19,4	1	0	1	5	1	24,2a
CNAI10399	7	87,4	9	100	7	0	5	5	5	12,8abc
CNAI10400	7	69,4	9	100	7	0	5	5	5	16,8abc
CNAI10401	7	47,0	9	100	5	0	5	5	5	14,4abc
CNAI10402	7	65,6	9	100	9	0	5	7	5	14,3abc
CNAI10403	7	88,6	9	100	9	0	5	5	5	13,6abc
CNAI10404	7	67,6	9	100	7	0	5	7	5	18,3abc
CNAI10405	7	89,2	9	100	7	0	5	7	5	14,6abc
CNAI10406	7	65,2	7	25,0	7	0	5	7	5	2,6c
CNAI10407	7	79,6	9	100	1	0	1	3	5	20,2ab
CNAI10408	8	74,8	9	100	5	0	5	5	5	15,4abc
CNAI10409	9	100	9	100	7	0	5	5	7	12,5abc
CNAI10410	9	100	9	100	7	0	5	5	7	15,2abc
CNAI10411	9	100	9	100	7	0	7	5	5	16,2abc
CNAI10412	9	100	9	100	5	0	5	5	5	21,0ab
CNAI10413	9	100	9	100	5	0	5	5	5	17,1abc
CNAI10414	9	100	9	100	7	0	7	5	5	14,2abc
CNAI10415	9	100	9	100	7	0	7	5	5	22,5a
CNAI10416	8	100	9	100	7	0	5	5	5	16,7abc
CNAI10417	9	100	9	100	5	0	5	5	7	18,1abc
CNAI10418	9	100	9	100	5	0	5	5	5	12,7abc
CNAI10419	9	100	9	100	5	0	7	5	5	15,8abc
CNAI10420	9	100	9	100	5	0	5	5	5	18,2abc
CNAI10421	9	100	9	100	5	0	5	5	5	14,4abc
CNAI10422	9	100	9	100	7	0	7	7	5	15,4abc
CNAI10423	9	100	9	100	1	0	7	7	0	19,2abc
CNAI10424	9	100	9	100	7	0	5	5	5	21,0ab
CNAI10425	9	100	9	100	5	0	7	5	5	14,3abc
CNAI10426	9	100	9	100	5	0	7	7	5	11,3abc
CNAI10427	7	46,3	7	28,0	1	0	3	3	1	4,6bc
Metica-1 ⁽⁶⁾	9	100	9	100	7	0	5	5	5	11,7abc
Patótipo	-	-	-	-	ID-14	II-1	IB-1	IB-1	IB-45	-

¹Número de entrada no banco ativo de germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão; ²Notas de 0 a 3: resistentes e notas de 4 a 9: suscetíveis; ³Severidade de brusone nas folhas; ⁴MtPy: Patótipo de Metica-1, CiPy: Patótipo de Cica-8, ScmetPy3: Patótipo de somaclone de Metica-1, ScgicaPy12: Patótipo de somaclone de Cica-8, EpPy: Patótipo de Epagri 108, Notas 0 a 3: resistentes e notas 4 a 9: suscetíveis; ⁵Médias seguidas da mesma letra não diferem si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; ⁶Testemunha suscetível, não regenerada.

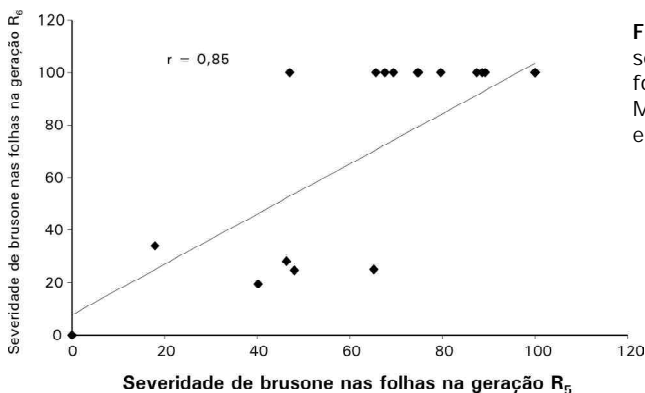


Fig. 11. Correlação entre severidade de brusone nas folhas dos somaclones de Metica-1 nas gerações R_5 e R_6 ($n = 38$).

Os dois somaclones resistentes no viveiro de brusone também foram resistentes quanto aos cinco isolados do patógeno utilizados (Tabela 11). Entre os 38 somaclones R_6 avaliados sete, seis, cinco e sete foram resistentes em relação aos patótipos ID-14, IB-1, IB-1 e IB-45, de *P. grisea*, respectivamente, enquanto a cultivar Metica-1 foi suscetível a todos os patótipos citados. Todos os somaclones apresentaram-se resistentes ao patótipo II-1 assim como a cultivar Metica-1. Filippi et al. (1999) também constataram que os isolados compatíveis com Cica-8 foram incompatíveis com a cultivar Metica-1. Por outro lado, 33 somaclones foram suscetíveis em relação ao isolado do somaclone de Cica-8, indicando mutação do gene para suscetibilidade. O isolado de Metica-1 utilizado nas avaliações iniciais em R_2 foi compatível com a cultivar Metica-1, enquanto os somaclones apresentaram reações diferenciais variando de 0 a 7 (Tabela 11), indicando indução de variabilidade genética com relação à brusone. Os isolados provenientes dos somaclones de Metica-1 (ScmetPy3), de Cica-8 (ScCicaPy12) e de Epagri 108 (EpPy) foram compatíveis com a cultivar Metica-1 e os somaclones apresentaram graus variáveis de resistência e de suscetibilidade.

A severidade da mancha-dos-grãos nos somaclones variou de 2,6% a 24,4%. Entre os 38 somaclones, somente o somaclone CNAI10401 apresentou severidade significativamente inferior aos demais, embora não tenha diferido da cultivar Metica-1, serve, portanto, como fonte de resistência à mancha-dos-grãos. A correlação entre a severidade de mancha-dos-grãos e o peso de 100 grãos foi linear e negativa, ou seja, o peso de 100 grãos diminuiu linearmente com o aumento do grau de severidade da mancha dos grãos nos somaclones (Figura 12).

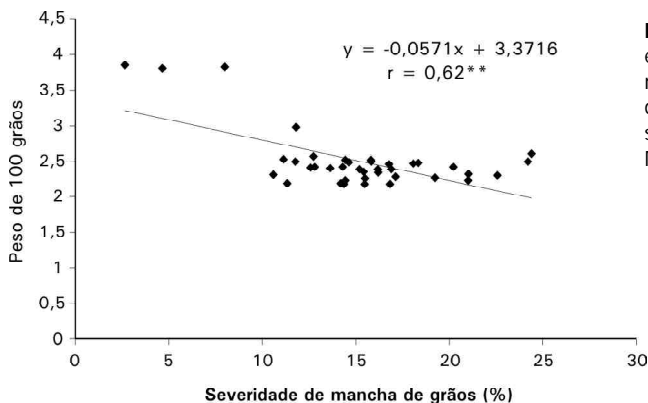


Fig. 12. Correlação entre severidade de mancha de grãos e peso de 100 grãos dos somaclones R_6 de Metica-1 ($n = 39$).

Os 38 somaclones estão registrados no BAG da Embrapa Arroz e Feijão, incluindo os somaclones CNAI10390 e CNAI10393 que apresentaram resistência completa e precocidade.

Somaclones da Cica-8

Na geração R_5 , quatro dos 39 somaclones apresentaram resistência específica (nota 3) à brusone e, posteriormente, nas gerações R_6 e R_7 , as reações variaram de 6 a 8, indicando a quebra da resistência (Figura 13), enquanto a cultivar Cica-8 em todas gerações apresentou nota 8. A vulnerabilidade da resistência específica, sob alta pressão de doença, tem sido reconhecida (Ou, 1985). Embora a resistência vertical tenha sido quebrada, a resistência parcial encontra-se em maior disponibilidade nas cultivares (Ribeiro do Vale et al., 2001).

Os somaclones R_6 nas inoculações com cinco isolados, provenientes de diferentes genótipos, pertencentes a quatro patótipos, apresentaram reações variáveis. Os somaclones e a cultivar CICA-8 apresentaram resistência completa para dois isolados (*MtPy* e *EpPy*) dos cinco testados. Para os demais isolados os somaclones apresentaram diferentes graus de brusone com notas variando de 1 a 7. Os somaclones apresentaram reações resistentes e suscetíveis ao isolado proveniente do somaclone de Metica-1 (*ScMtPy*), enquanto a cultivar CICA-8 foi resistente. A cultivar CICA-8 mostrou reação incompatível ao isolado de Metica-1 (*MtPy*) e compatível ao isolado de CICA-8 (*CiPy*) (Tabela 12).

Tabela 12. Reação de somaclones R₆ (2000/01) de CICA-8 e da cultivar CICA-8 para cinco isolados de *Pyricularia grisea* sob condições artificiais de inoculação em casa de vegetação (2000).

Genótipo	Isolado ²				
	MtPy	CiPy	ScMtPy	ScCiPy	EpPy
CNAI10562 ¹	0	7	5	5	0
CNAI10563	0	5	3	5	0
CNAI10564	0	5	5	5	0
CNAI10565	0	5	5	5	0
CNAI10566	0	5	5	1	0
CNAI10567	0	5	5	1	0
CNAI10568	0	5	5	5	0
CNAI10569	0	5	5	3	0
CNAI10570	0	5	5	3	0
CNAI10571	0	5	5	5	0
CNAI10572	0	7	5	3	0
CNAI10573	0	7	5	3	0
CNAI10574	0	7	5	3	0
CNAI10575	0	7	3	3	0
CNAI10576	0	5	3	1	0
CNAI10577	0	7	5	1	0
CNAI10578	0	5	5	5	0
CNAI10579	0	5	5	5	0
CNAI10580	0	5	1	5	0
CNAI10581	0	7	5	5	0
CNAI10582	0	7	5	5	0
CNAI10583	0	7	5	5	0
CNAI10584	0	5	1	3	0
CNAI10585	0	5	5	3	0
CNAI10586	0	5	5	7	0
CNAI10587	0	5	5	5	0
CNAI10588	0	5	5	5	0
CNAI10589	0	5	5	5	0
CNAI10590	0	5	5	5	0
CNAI10591	0	5	5	5	0
CNAI10592	0	1	5	5	0
CNAI10593	0	5	5	3	0
CNAI10594	0	5	3	5	0
CNAI10595	0	5	1	5	0
CNAI10596	0	5	3	5	0
CNAI10597	0	5	1	5	0
CNAI10598	0	5	1	5	0
CNAI10599	0	5	3	5	0
CNAI10600	0	5	1	5	0
CICA-8 ³	0	7	3	5	0
Patótipo	ID-14	IH	IB-1	IB-1	IB-45

¹Número da entrada dos somaclones de Metica-1 no Banco Ativo de Germoplasma da coleção de trabalho do melhorista; ²Graus de 0 a 3 = resistentes e de 5 a 9 = suscetíveis; ³Testemunha suscetível, não regenerada; *MtPy*: isolado de Metica-1, *CiPy*: isolado de CICA-8, *ScMtPy*: isolado de somaclone de Metica-1, *ScCiPy*: isolado de somaclone de CICA-8, *EpPy*: isolado de Epagri 108.

A análise de variância do IRP calculado a partir do número de lesões/cm² mostrou que não houve interação significativa entre genótipos e isolados (Tabela 13). Resultados semelhantes foram obtidos nos estudos realizados com somaclones de Basmati-370 (Araújo & Prabhu, 2002a). Por outro lado, Bonman et al. (1989) observaram grande interação entre genótipos e isolados para resistência parcial à brusone. Posteriormente, Roumen (1992) e Prabhu et al. (2002) demonstraram pequenas interações entre isolados e genótipos, indicando a natureza específica da resistência parcial. Nesses estudos a maior parte da variação foi explicada por efeitos principais de genótipos e isolados e somente uma pequena variação foi devida à interação. Estas pequenas interações sugerem que a resistência parcial é controlada por genes menores que operam na relação gene para gene. Este relacionamento no sistema poligênico com efeitos pequenos de cada gene foi postulado para ferrugem da folha da cevada por Parlevliet & Zadoks (1977). No presente estudo, apesar das diferenças na agressividade dos isolados indicadas pelas notas 5 e 7, a interação não foi significativa. Estes resultados estão de acordo com Yeh & Bonman (1986) que não obtiveram interação entre isolados e genótipos quando utilizaram cultivares com diferentes níveis de resistência parcial.

O IRP calculado a partir do número de lesões/cm² correlacionou com o IRP de severidade ($r = 0,98$; $P \leq 0.01$) (Figura 14). Estes resultados indicam a precisão, a consistência dos dados, e que a pressão de doença foi uniforme e adequada para determinação da resistência parcial.

Tabela 13. Análise de variância do índice de resistência parcial à brusone calculado baseado no número de lesões/cm² (2000).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F'
Repetição	4	0,004	0,001	-
Isolado (fator a)	1	0,018	0,018	18,7*
Erro a	4	0,004	0,001	-
Genótipo (fator b)	6	7,139	1,19	3488,4**
Interação axb	6	0,004	0,001	2,17ns
Erro b	48	0,016	0,0003	-
Total	69	7,185	-	-

1* e **Valores de F significativos a 5% e 1%, respectivamente; ns = não significativo.

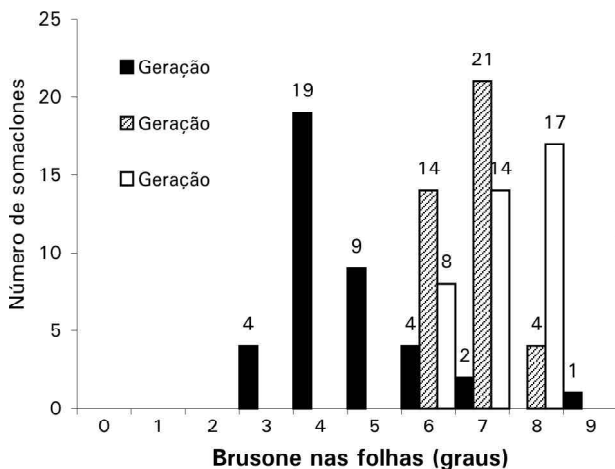


Fig. 13. Distribuição de somaclones R_5 , R_6 e R_7 (Fazenda Palmital, 1999/00, 2000/01 e 2001/02) de CICA-8 de acordo com a reação à *Pyricularia grisea* nas folhas de arroz em viveiro de brusone, (A cultivar CICA-8 apresentou nota 8; Graus 0 a 3 = reação resistente; Graus 4 a 9 = reação suscetível).

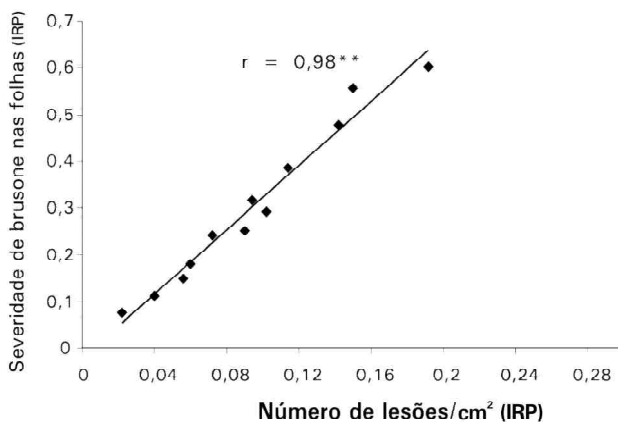


Fig. 14. Correlação entre o índice de resistência parcial (IRP) calculado com base no número de lesões/cm² e na severidade à brusone em seis genótipos inoculados com dois isolados de *Pyricularia grisea*.

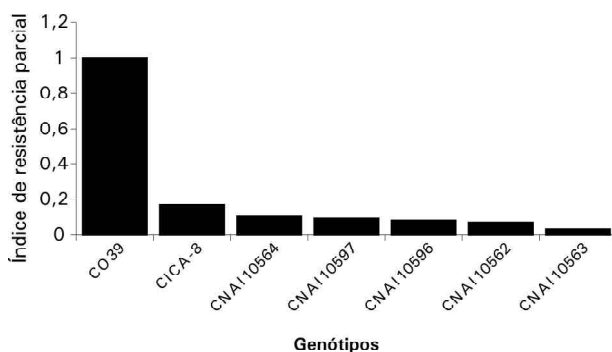


Fig. 15. Índice médio de resistência parcial de cinco somaclones R_6 de CICA-8 inoculados com dois isolados pertencentes aos patótipos II-1 e IB-1 de *Pyricularia grisea* em casa de vegetação, Barras com a mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, IRP = Severidade de brusone nas folhas do genótipo em teste/ Severidade da cultivar CO 39 (2001).

Quatro somaclones apresentaram maior grau de resistência parcial à brusone do que a cultivar CICA-8 (Figura 15). No presente trabalho, embora os quatro somaclones tenham apresentado resistência completa para alguns patótipos como o IB-1 do isolado de somaclone de Metica-1, *ScMtPy* (Tabela 12) mostraram também alto grau de resistência parcial. Estes somaclones podem ser utilizados como fontes de resistência parcial em cruzamentos com doadores de genes maiores de resistência vertical à brusone.

Os resultados deste estudo demonstraram que é possível obter resistência à brusone através da cultura de tecidos de cultivares suscetíveis. Desta forma evita-se caracteres indesejáveis associados a doadores de resistência exóticos usados em cruzamentos no melhoramento convencional. A utilização de técnicas de cultura de tecido poderá reduzir o tempo requerido pelo melhoramento convencional para obtenção de novas cultivares (Zapata et al., 1995).

Os objetivos mais importantes do melhoramento genético de plantas são a indução de variabilidade genética e a seleção de plantas com características desejáveis. Embora a maior parte da variabilidade genética necessária para o melhoramento seja proveniente de bancos de germoplasma, o presente estudo também permitiu identificar novas fontes de resistência à *P. grisea* até hoje não identificadas no germoplasma mundial.

Referências Bibliográficas

- ABBASI, F. M.; ABBAS, S. T.; SAGAR, M. A. Evaluation of somaclonal variants for yield and some quality parameters. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, Karachi, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1999.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Progresso da brusone nas folhas e características agrônômicas nas gerações avançadas de somaclones aromáticos da cultivar de arroz IAC 47. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, p. 606-613, set. 2001.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Somaclones da cultivar de arroz aromático Basmati-370 resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1127-1135, ago. 2002a.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica-1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1689-1695, dez. 2002b.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Resistência parcial à brusone em somaclones da cultivar de arroz Cica-8. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 4, p. 419-423, jul./ago. 2004.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FREIRE, A. B. Variação somaclonal na cultivar de arroz IAC-47 para resistência à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 125-130, jun. 1997.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FREIRE, A. B. Variation for rice blast resistance in early somaclonal generations derived from immature panicles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 8, p. 1349-1359, ago. 1998.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FILLIPI, M. C. Genetics of resistance to leaf blast in somaclones of rice cultivar 'Araguaia'. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 182-184, jun. 1999.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FREIRE, A. de B. Development of blast resistant somaclones of the upland rice cultivar Araguaia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 357-367, fev. 2000.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; OLIVEIRA, W. F. de. Variantes somaclonais da cultivar de arroz Bluebelle resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 5, p. 801-808, maio 2001.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; OLIVEIRA, C. F.; BERNI, R. F. Efeito da brusone nas panículas nos componentes de produtividade das cultivares de arroz Primavera e Bonança. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 265-270, abr./jun. 2004.

ATKINS, J. C.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C. R.; GOTO, K.; KOZOKA, T.; KANOGITA, R.; YAMADA, M.; MATSUMOTO, S. An international set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St Paul, v. 57, n. 3, p. 297-301, Mar. 1967.

BASTIAANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J. C. Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International: IRRI, 1994. p. 357-380.

BONMAN, J. M.; BANDONG, J. M.; LEE, Y. H.; LEE, E. J.; VALENT, B. Race-specific partial resistance to blast in temperate Japonica rice cultivars. **Plant Disease**, St. Paul, v. 73, n. 6, p. 496-499, June 1989.

BONMAN, J. M.; VERGEL DE DOIS, T. I.; BANDONG, J. M.; LEE, E. J.

Pathogenic variability of monoconidial isolates of *Pyricularia oryzae* in Korea and in the Philippines. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 2, p. 127-130, Feb. 1987.

BOUHARMONT, J.; DEKEYSER, A.; SINT JAN, V. van; DOGBE, Y. S.

Application of somaclonal variation and in vitro selection to rice improvement. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice genetics II**. Manila, 1991. p. 271-277.

CAI, T.; EJETA, G.; AXTELL, J. D.; BUTLER, L. G. Somaclonal variation in high tannin sorghums. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 79, n. 6, p. 737-747, 1990.

CHAUHAN, R. S.; SINGH, B. M.; CHAHOTA, R. K.; DEVELASH, R. K.

Generation of indica rice regenerants for resistance to leaf and neck blast. **Rice Biotechnology Quarterly**, Rock Hill, v. 26, p. 28-29, Apr. 1996.

CHENG-ZHANG, Z.; KANGE-LE, Z.; ZONG-XIU, S.; XIU-FANG, Q. Somaclonal variation and rice improvement. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Genetic manipulation in crops**. London: Cassel Tycooly, 1988. p. 115-116.

CHOPRA, V. L.; NARASIMHULU, S. B.; KIRTI, P. B.; PRAKASH, S.;

ANURADHA, G. Studies of somaclonal variation in *Brassica* spp. and its relevance to improvement of stress tolerance and yield. In: MUJEEB-KAZI, A.; SITCH, L. A. (Ed.). **Review of advances in plant biotechnology, 1985-88**. Manila: IRRI, 1989. p. 229-238.

CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S. Pathogenic variability in *Pyricularia oryzae* at a rice blast "hot spot" breeding site in Eastern Colombia. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 10, p. 1029-1035, Oct. 1993.

CUEVAS-PÉREZ, F. E.; GUIMARÃES, E. P.; BERRIO, L. E.; GONZÁLES, D. I. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 4, p. 1054-1059, July/Aug. 1992.

DAUB, M. E. Tissue culture and the selection of resistance to pathogens.

Annual Review of Phytopathology, St. Paul, v. 24, p. 159-186, 1986.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Viveiro Nacional de Brusone (VNB 98)**: relatório XVII. Goiânia, 1999. 22 p.

EVANS, D. A.; SHARP, W. R.; MEDINA-FILHO, H. P. Somaclonal and gametoclonal variation. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 71, n. 6, p. 759-774, July 1984.

FAO. **Concern about rice production practices**. Disponível em: <<http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7538-en.html>> . Acesso em: 20 maio 2004.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Differential compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 447-450, set. 1999.

FUKUI, K. Sequential occurrence of mutation in a growing rice callus. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 65, n. 3, p. 225-230, May 1983.

ILLG, R. D. Variação somaclonal. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Ed.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília, DF: ABCTP: EMBRAPA-CNPq, 1990. p. 287-295.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. 3. ed. Los Baños, 1988. 54 p.

KHUSH, G. S.; KINOSHITA, T. Rice karyotype, markers genes, and linkage groups. In: KHUSH, G. S.; TOENNIESSEN, G. H. (Ed.). **Rice Biotechnology**. Wallingford: CAB International: IRRI, 1991. p. 83-108.

LARKIN, P. J.; SCOWCROFT, W. R. Somaclonal variation a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, n. 4, p. 197-214, Oct. 1981.

LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M. A.; NOTTEGHEM, J. L. Genetic analysis of virulence in the blast fungus *Magnaporthe griseae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 9, p. 1227-1233, Sept. 1988.

MANDAL, A. B.; BANDYOPADHYAY, A. K. Altered grain quality traits in Pokkali somaclones. **Rice Biotechnology Quarterly**, Rock Hill, v. 27, p. 21-22, July 1996.

MANDAL, A. B.; ANSARI, M. M.; SHARMA, T. V. R. S.; BANDYOPADHYAY, A. K. Somaclonal variation for disease resistance in indica rice. **Rice Biotechnology Quarterly**, Rock Hill, v. 23, p. 8-9, July 1995.

MANDAL, A. B.; BIKASH, C.; SHEEJA, T. E.; CHOWDHURY, B. Development and characterization of salt tolerant somaclones in rice cultivar Pokkali. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 38, n. 1, p. 74-79, 2000.

MANDAL, A. B.; PRAMANIK, S. C.; CHOWDHURY, B.; BANDYOPADHYAY, A. K. Promising salt tolerant somaclone from an indigenous cultivar Pokkali. **Rice Biotechnology Quarterly**, Rock Hill, v. 39, p. 9-10, Aug. 1999.

MARSHALL, G.; COURDURIES, P. An assessment of somaclonal variation in linseed (*Linum usitatissimum*). **Annals of Applied Biology**, London, v. 120, n. 3, p. 501-509, June 1992.

MUBARIK, A.; FLINN, J. C. Profit efficiency among Basmati rice producers in Pakistan Punjab. **American Journal of Agricultural Economics**, Baton Rouge, v. 71, n. 2, p. 303-310, May 1989.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-479, 1962.

NOTTEGHEM, J. L. Cooperative experiment on horizontal resistance to rice blast. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Blast and upland rice: report and recommendations from the meeting for international collaboration in upland rice improvement**. Los Baños, 1981. p. 43-51.

OONO, K. **High frequency mutations in rice plants regenerated from seed callus**. In: INTERNATIONAL CONGRESS PLANT TISSUE CELL CULTURE, 4., 1978, Calgary, Canada. **Proceedings...** Calgary, 1978. p. 52.

OU, S. H. **Rice disease**. 2. ed. Kew. Commonwealth Mycological Institute, 1985. 380 p.

PACHÓN G., J. **Evaluación del uso potencial de la variación somaclonal en el mejoramiento de algunos caracteres de importancia económica en el arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1989. 94 f. Monografía (Trabajo de Grado em Biólogo) - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

PARLEVLIET, J. E.; OMMEREN, A. Van. Partial resistance of barley to leaf rust *Puccinia hordei*. II. Relationship between field trials, microplot tests and latent period. **Euphytica**, Wageningen, v. 24, n. 2, p. 293-303, 1975.

PARLEVLIET, J. E.; ZADOKS, J. C. The integrated concept of disease resistance: A new view including horizontal and vertical resistance in plants. **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 5-21, Feb. 1977.

PINNSCHMIDT, H. O.; TENG, P. S.; YONG, L. Methodology for quantifying rice yield effects of blast. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A. TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International: IRRI, 1994. p. 381-408.

PRABHU, A. S.; FERREIRA, R. P. Avaliação e seleção no melhoramento de arroz visando resistência a brusone e mancha parda. In: REUNIÓN SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR, 1989, Goiânia. **Trabajos**. Montevideo: IICA, 1991. p. 75-85. (PROCISUR. Diálogo, 33).

PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G. de; FAUSTINA, C.; BERNI, R. F. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1045-1051, set. 2003.

PRABHU, A. S.; BEBENDO, I. P.; FARIA, J. C.; SOUZA, D. M. de; SOAVE, J.; AMARAL, R. E. M. Fontes de resistência vertical a *Pyricularia oryzae* em arroz. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 8, n. 1/2, p. 78-90, jan./abr. 1982.

PRABHU, A. S.; FARIA, J. C. de; CARVALHO, J. R. P. de. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção dos grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 5, p. 495-500, maio 1986.

PRABHU, A. S.; GUIMARÃES, E. P.; FILIPPI, M. C.; ARAÚJO, L. G.; CUTRIM, V. dos A. Expression of resistance in rice hybrids to *Pyricularia grisea*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 5, p. 454-460, sep./out. 2002.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; PARLEVLIET, J. E.; ZAMBOLIM, L. Concepts in plant disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, p. 577-589, set. 2001.

ROUMEN, E. C. Small differential interactions for partial resistance in rice cultivars to virulent isolates of the blast pathogen. **Euphytica**, Wageningen, v. 64, n. 1/2, p. 143-148, 1992.

RUEB, S.; LENEMAN, M.; SCHILPEROOT, R. A.; HENSGENS, L. A. M. Efficient plant regeneration through somatic embryogenesis from callus induced on mature rice embryos. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 36, n. 2, p. 259-264, Feb. 1994.

RUSH, M. C.; SEILHAN, K. P.; LINScombe, S. D.; OARD, J.; XIE, Q. J. Use of somaclonal variation for improved disease resistance in rice. In: RESEARCH REPORT RICE RESEARCH STATION, 84., 1992, Crowley, LA. **Annual research report**. Crowley: Louisiana Agricultural Experimental Station, 1992. p. 349-360.

SAKILA, M.; IBRAHIM, S. M.; KALAMANI, A. *In vitro* mutagenesis in scented rice cultivars. **Rice Biotechnology Quarterly**, Rock Hill, v. 38, p. 30, May 1999.

SILVEIRA, E. P. Melhoramento genético: outro fator decisivo na produtividade do arroz gaúcho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 38, n. 357, p.3-12, mar./abr. 1985.

SUN, S. Y.; JIN, M. Z.; ZHANG, Z. M.; TAO, X. L.; TAO, R. X.; FANG, D. F. **Rice blast disease and its control**. Shanghai: Shanghai Scientific and Technology Press, 1986. 182 p.

XIE, Q. J.; RUSH, M. C.; CAO, J. Somaclonal variation for disease resistance in rice (*Oryza sativa* L.). In: GRAYSON, B. T.; GREEN, M. B.; COPPING, L. G. (Ed.). **Pest management on rice**. London: Elsevier, 1990. p. 491-509.

YEH, W. H.; BONMAN, J. M. Assessment of partial resistance to *Pyricularia oryzae* in six rice cultivars. **Plant Pathology**, London, v. 35, n. 3, p. 319-323, Sept. 1986.

ZAPATA, F. J.; TORRIZO, L. B.; ANDO, A. Current developments in plant biotechnology for genetic improvement: the case of rice (*Oryza sativa* L.). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 11, p. 393-399, 1995.

ZHENG, K. L.; ZHOU, Z. M.; WANG, G. L.; LUO, Y. K.; XIONG, Z. M. Somatic cell culture of rice cultivars with different grain types. Somaclonal variation in some grain and quality characters. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, Netherlands, v. 18, p. 201-208, 1989.

ZHURAVLEV, Y. N.; ZMEEVA, V. N. Gameto and somaclonal variations in rice cultivars of Russian far East. In: KHUSH, G. S. (Ed.). **Rice Genetics III**. Los Baños: IRRI, 1996. p. 505-510.

ZONG-XIU, S.; CHENG-ZHANG, Z.; KANGE-LE, Z.; XIU-FANG, Q.; YA-PING, F. Somaclonal genetics of rice, *Oryza sativa* L. **Theoretical and Applied and Genetics**, Berlin, v. 67, n. 1, p. 67-73, Nov. 1983.